

TUGAS AKHIR
MENENTUKAN RENCANA JUMLAH DAN
BIAYA PEREKRUTAN TENAGA KERJA
DENGAN PROSES MARKOV
DI PT. TASMA PUJA - KAMPAR

*Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan
Ujian Sidang Tugas Akhir Jurusan Teknik Industri*

Oleh:

JUMARIA SILVA
10252020464



JURUSAN TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU
2010

MENENTUKAN RENCANA JUMLAH DAN BIAYA PEREKRUTAN TENAGA KERJA DENGAN PROSES MARKOV DI PT. TASMA PUJA KAMPAR

**JUMARIA SILVA
NIM : 10252020464**

Jurusan Teknik Industri
Fakultas Sains dan Teknologi
Uin Sultan Syarif Kasim Riau
Jalan H.R. Soebrantas, km. 14,5 Panam Pekanbaru

ABSTRAK

PT. Tasma puja (Pabrik Kelapa Sawit Sei Kuamang) merupakan suatu perusahaan swasta yang bergerak di bidang perkebunan dan pengolahan kelapa sawit, yang berlokasi di Desa Kampar, Kecamatan Kampar Timur, Kabupaten Kampar Propinsi Riau. PT. Tasma puja menghasilkan produksi CPO. Rata-rata produksi CPO setiap bulan adalah 9.435.980-14.191.950 Ton. Pada bagian pengolahan tenaga kerja dibagi kedalam tiga shif, setiap shif nya terdiri dari 29-32 orang yang bekerja pada bagiannya masing-masing. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jumlah tenaga kerja yang harus dipersiapkan di bagian pengolahan sehingga tidak akan mengganggu aktifitas kerja pada bagian yang menggantikan dan biaya perencanaan jumlah tenaga kerja agar total biaya perekrutan tenaga kerja minimum dalam satu periode perencanaan. Penelitian ini menggunakan proses markov dan metode linier programming. Berdasarkan data tahun 2008. Jumlah tenaga kerja yang harus dipersiapkan pada bagian pengolahan pada shift 1 diambil keputusan yang terbaik adalah tidak melakukan penambahan tenaga kerja, dengan jumlah tenaga kerja optimal adalah 32 orang dan biaya yang dikeluarkan sebesar Rp 194.939,6. Pada shift 2 diambil keputusan yang terbaik adalah melakukan penambahan 1 orang tenaga kerja, sehingga diperoleh jumlah tenaga kerja optimal adalah 32 orang dengan biaya yang dikeluarkan sebesar Rp 302.782,3. Pada shift 3 diambil keputusan yang terbaik adalah tidak melakukan penambahan tenaga kerja, Sehingga diperoleh jumlah tenaga kerja optimal adalah 31 orang dengan biaya yang dikeluarkan sebesar Rp 91.546,4. Total biaya minimum yang terjadi pada periode perencanaan tenaga kerja menggunakan rantai Markov sebesar Rp 589.268,3.

Kata Kunci : Biaya Minimum, Jumlah Tenaga Kerja, Linier Programming, Proses Markov,

DAFTAR ISI

	HALAMAN
HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL	iv
LEMBAR PERNYATAAN.....	v
LEMBAR PERSEMBAHAN	vi
ABSTRAK.....	viii
<i>ABSTRACT</i>.....	ix
KATA PENGANTAR	x
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL.....	xvi
DAFTAR GAMBAR	xix
DAFTAR RUMUS.....	xx
DAFTAR LAMPIRAN	xxi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang Masalah	I-1
1.2 Perumusan Masalah.....	I-3
1.3 Tujuan Penelitian.....	I-3
1.4 Manfaat Penelitian.....	I-5
1.5 Batasan Masalah	I-5
1.6 Posisi Penelitian.....	I-6
1.7 Sistematika Penulisan.....	I-6
1.8 Deskripsi Pekerjaan Di PT. Tasma Puja.....	I-8
BAB II LANDASAN TEORI	
2.1 Perencanaan Tenaga Kerja	II-1
2.1.1 Definisi Perencanaan Tenaga Kerja	II-1
2.1.2 Tujuan Perencanaan Tenaga Kerja.....	II-3

2.1.3 Manfaat Perencanaan Tenaga Kerja	II-4
2.1.4 Keuntungan Perencanaan Tenaga Kerja.....	II-5
2.1.5 Perubahan Komposisi Tenaga Kerja	II-5
2.1.5.1 Rekrutmen Tenaga Kerja.....	II-5
2.1.5.2 Pemberhentian Tenaga Kerja.....	II-7
2.2 Rantai Markov	II-7
2.2.1 Definisi Rantai Markov	II-7
2.2.2 Ciri-ciri Rantai Markov	II-8
2.2.3 Proses Stokastik.....	II-9
2.2.4 Perumusan Rantai Markov	II-9
2.2.5 Klasifikasi Keadaan (states) Rantai Markov	II-11
2.2.6 Model untuk Keputusan Markov	II-12
2.2.7 Menentukan Keputusan Optimal dengan <i>Linear Programming</i>	II-13

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Penelitian Pendahuluan	III-3
3.2 Studi Literatur.....	III-3
3.3 Identifikasi dan Perumusan Masalah.....	III-3
3.4 Menetapkan Tujuan Penelitian	III-4
3.5 Membuat Model Penelitian	III-4
3.6 Pengumpulan Data.....	III-4
3.7 Pengolahan Data	III-5
3.7.1 Rantai Markov	III-5
3.7.2 Metode <i>Linear Programming</i>	III-6

BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 Gambaran Umum Perusahaan	IV-1
4.1.1 Tinjauan Terhadap Bahan Baku	IV-1
4.1.2 Pengangkutan Tandan Ke Pabrik	IV-2

4.1.3 Sasaran Pengolahan TBS	IV-3
4.1.4 Alat Pengolahan TBS	IV-3
4.2 Proses Produksi CPO dan Inti Sawit Pada PKS Sei. Kuamang PT. Tasma Puja.....	IV-7
4.2.1 Proses Perebusan/Sterilizer	IV-7
4.2.2 Proses Melepaskan Buah Sawit Dari Tandan/Thresher	IV-12
4.2.3 Proses Pengadukan dan Pengempahan Buah Sawit	IV-14
4.2.4 Proses Penjernihan dan Pemurnian Minyak Sawit Klarifikasi	IV-15
4.2.5 Proses Pengelupasan Biji(Depericaper).....	IV-20
4.3 Pengumpulan Data.....	IV-21
4.3.1 Data Jumlah Tenaga Kerja	IV-21
4.3.2 Data Biaya Tenaga Kerja Setiap Periode Rekrutment	IV-23
4.3.2.1 Biaya Rekrutment Tenaga Kerja	IV-23
4.3.2.2 Biaya Backorder	IV-23
4.4 Pengolahan data Perencanaan Jumlah Tenaga Kerja	IV-24
4.4.1 Pengolahan Data Biaya.....	IV-24
4.4.1.1 Biaya Rekrutmen Tenaga Kerja	IV-24
4.4.1.2 Biaya Backorder	IV-24
4.4.2 Pengolahan Data Dengan Rantai Markov	IV-25
4.4.2.1 Bagian Pengolahan Shift 1	IV-25
4.4.2.2 Bagian Pengolahan Shift 2	IV-32
4.4.2.3 Bagian Pengolahan Shift 3	IV-39
4.5 Sensitivitas.....	IV-47
4.5.1 Shift 1	IV-47
4.5.2 Shift 2	IV-51
4.5.3 Shift 3	IV-53

BAB V ANALISA

5.1	Pembahasan Tingkat Persediaan Tenaga Kerja.....	V-1
5.2	Pembahasan Pengaruh Biaya Tenaga Kerja Dan Peluang Keadaan Tetap Terhadap Keputusan Optimal.....	V-2
5.3	Pembahasan Rantai Markov Dengan Metode Linear Programming	V-3
5.4	Pembahasan Penerapan Rantai Markov Untuk Perencanaan Jumlah Tenaga Kerja	V-5
5.5	Perbandingan Rantai Markov Dengan Metode Kebijakan Perusahaan	V-6
5.6	Sensitivitas.....	V-7
5.6.1	Shift 1	V-7
5.6.2	Shift 2	V-8
5.6.3	Shift 3	V-9

BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN

6.1	Kesimpulan.....	VI-1
6.2	Saran	VI-2

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Kegiatan proses produksi dalam suatu perusahaan tidak akan terlepas dari tenaga kerja. Hal ini dikarenakan tenaga kerja merupakan penggerak dari segala kegiatan produksi, terutama untuk menggerakkan mesin dan peralatan dalam proses produksi. Untuk mencapai suatu tingkat produksi yang memuaskan maka perusahaan harus meningkatkan sumber daya manusia dan daya saing industri mereka seperti tenaga kerja dan produk yang dihasilkan dimana salah satunya dapat dicapai melalui suatu perencanaan produksi yang matang.

Perencanaan produksi berhubungan dengan jumlah tenaga kerja, sehingga diperlukan perencanaan jumlah tenaga kerja yang tepat. Semua itu tertuju pada efisiensi waktu dan biaya. Biaya tenaga kerja ini merupakan salah satu biaya yang paling besar dikeluarkan oleh perusahaan. Untuk meminimalkan biaya tenaga kerja yang dikeluarkan oleh perusahaan maka perlu dilakukan perencanaan tenaga kerja. Perencanaan tenaga kerja di suatu organisasi atau perusahaan dapat dipergunakan agar sumber daya manusia efektif dan memiliki sejumlah pekerja yang memenuhi persyaratan/kualifikasi dalam mengisi posisi yang mengalami kekosongan.

PT. Tasma puja (Pabrik Kelapa Sawit Sei Kuamang) merupakan suatu perusahaan swasta yang bergerak di bidang perkebunan dan pengolahan kelapa sawit, yang berlokasi di Desa Kampar, Kecamatan Kampar Timur, Kabupaten Kampar Propinsi Riau. Perusahaan ini didirikan pada tanggal 5 Agustus 1992. PT. Tasma puja berkantor pusat di Jakarta, salah satu kantor cabangnya di jalan Ahmad Yani no. 116 Pekanbaru. Dalam melakukan aktivitasnya perusahaan ini mempunyai areal kebun yang terbagi dalam dua areal kebun yaitu milik perusahaan dengan luas kebun 3000 Ha, dan plasma milik masyarakat dengan luas areal kebun 1000 Ha.

PT. Tasma puja menghasilkan produksi CPO. Produksi dilakukan pada setiap harinya. Jumlah produksi CPO yang dihasilkan oleh perusahaan tidak sama pada setiap bulannya. Rata-rata mereka berproduksi setiap bulannya 9.435.980-14.191.950 Ton. Dalam melaksanakan kegiatan operasinya, PT. Tasma puja menggunakan tenaga kerja tetap dengan jumlah tenaga kerja 152 orang, yang terdiri dari bagian pengolahan berjumlah 96 orang. Sedangkan pada bagian administrasi berjumlah 10 orang, dan 29 orang yang bekerja pada bagian *workshop*, serta 17 orang pada bagian keamanan.

Pada bagian pengolahan ini tenaga kerjanya terbagi atas tiga *shif*, setiap *shif* nya terdiri dari 29-32 orang yang bekerja pada bagiannya masing-masing. Apabila dari tenaga kerja di bagian pengolahan ada yang tidak masuk bekerja maka akan terjadi kekurangan dan menyebabkan terganggu jalannya proses produksi. Hal ini dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 1.1 Rekapitulasi Ketidakhadiran Tenaga Kerja Pada Bagian Pengolahan/Rebusan Tahun 2008

No	Tanggal	Tenaga kerja yang tidak masuk			Keterangan	jumlah (hari)	Tenaga kerja yang menggantikan	
		Nama	Shift	Departemen			Nama	Departemen
1	05 Januari 2008	Dedi	1	Pengolahan/Rebusan	Sakit	3	Surya	Workshop/Tenaga ahli
2	12 Januari 2008	Zulkifli	2	Pengolahan/Rebusan	Sakit	3	Yusuf	Workshop/Tenaga ahli
3	25 Januari 2008	Anto	3	Pengolahan/Rebusan	Izin	4	Heri	Keamanan
4	14 Februari 2008	Yono	3	Pengolahan/Rebusan	-	1	Ramjad	Keamanan
5	20 Februari 2008	Siddik	2	Pengolahan/Rebusan	Izin	3	Anton	Keamanan
6	25 Mei 2008	Yuzar	2	Pengolahan/Rebusan	Sakit	2	Kiki	Workshop/Tenaga ahli
7	13 Juni 2008	Anto	1	Pengolahan/Rebusan	Izin	5	Budi	Workshop/Tenaga ahli
8	17 Juli 2008	Siswo	1	Pengolahan/Rebusan	Sakit	4	Amin	Workshop/Listrik
9	01 September 2008	Rabidin	2	Pengolahan/Rebusan	Sakit	4	Yusmar	Workshop/Tenaga ahli
10	17 Oktober 2008	Kadir	2	Pengolahan/Rebusan	Sakit	4	Nanang	Workshop/Tenaga ahli
12	27 November 2008	Walit	2	Pengolahan/Rebusan	-	1	Robby	Workshop/Labor
14	12 Desember 2008	Siswo	2	Pengolahan/Rebusan	Izin	6	Anton	Keamanan

Tabel 1.2 Rekapitulasi Ketidakhadiran Tenaga Kerja Pada Bagian Pengolahan/Loading ramp Tahun 2008

No	Tanggal	Tenaga kerja yang tidak masuk			Keterangan	jumlah (hari)	Tenaga kerja yang menggantikan	
		Nama	Shift	Departemen			Nama	Departemen
1	12 Januari 2008	Joko	1	Pengolahan/Loading Ramp	Izin	1	Nanang	Workshop/ Listrik
2	24 Januari 2008	Joko	3	Pengolahan/Loading Ramp	-	3	Doni	Workshop/ Tenaga Ahli
3	20 Maret 2008	Karim	3	Pengolahan/Loading Ramp	Izin	2	Irfan	Workshop/Tenaga Ahli
4	15 April 2008	Didi	3	Pengolahan/Loading Ramp	Sakit	5	Kiki	Workshop/Labor
5	17 Mei 2008	Rodi	3	Pengolahan/Loading Ramp	Izin	4	Yornalis	Keamanan
6	11 Juni 2008	Aris	3	Pengolahan/Loading Ramp	Sakit	4	Jamal	Workshop/Labor
7	25 Juli 2008	Tarmizi	3	Pengolahan/Loading Ramp	Sakit	4	Romi	Workshop/Listrik
8	12 Agustus 2008	Muis	3	Pengolahan/Loading Ramp	Izin	3	Jamal	Keamanan
9	25 Agustus 2008	Eri	1	Pengolahan/Loading Ramp	Sakit	1	Doni	Whokshop/Tenaga Ahli

Tabel 1.3 Rekapitulasi Ketidak Hadiran Tenaga Kerja Pada Bagian Pengolahan/Loader Tahun 2008

No	Tanggal	Tenaga kerja yang tidak masuk			Keterangan	jumlah (hari)	Tenaga kerja yang menggantikan	
		Nama	Shift	Departemen			Nama	Departemen
1	12 Mei 2008	Eri	1	Pengolahan/Loader	Izin	5	Romi	Administrasi/Kerani Produksi

Tabel 1.4 Rekapitulasi Ketidak Hadiran Tenaga Kerja Pada Bagian Pengolahan/Boiler Tahun 2008

No	Tanggal	Tenaga kerja yang tidak masuk			Keterangan	jumlah (hari)	Tenaga kerja yang menggantikan	
		Nama	Shift	Departemen			Nama	Departemen
1	12 November 2008	Ujang	3	Pengolahan/Boiler	Izin	3	Deni	Whokshop/Tenaga ahli

Tabel 1.5 Rekapitulasi Ketidak Hadiran Tenaga Kerja Pada Bagian Pengolahan/Hoisting Crane Tahun 2008

No	Tanggal	Tenaga kerja yang tidak masuk			Keterangan	jumlah (hari)	Tenaga kerja yang menggantikan	
		Nama	Shift	Departemen			Nama	Departemen
1	28 Januari 2008	Ahmad	3	Pengolahan/Hoisting Crane	Sakit	2	Ijal	Whokshop/Listrik
2	11 Juli 2008	Yosep	1	Pengolahan/Hoisting Crane	Sakit	6	Rizki	Whokshop/Listrik
3	11 Juli 2008	Wahyu	3	Pengolahan/Hoisting Crane	Izin	5	Arif	Whokshop/Mandor Bengkel
4	18 Agustus 2008	Anas	1	Pengolahan/Hoisting Crane	Izin	2	Andi	Whokshop/listrik
5	25 Agustus 2008	Rahmad	3	Pengolahan/Hoisting Crane	Izin	3	Tanjung	Whokshop/labor

Tabel 1.6 Rekapitulasi Ketidak Hadiran Tenaga Kerja Pada Bagian Pengolahan/Fat Fit Tahun 2008

No	Tanggal	Tenaga kerja yang tidak masuk			Keterangan	jumlah (hari)	Tenaga kerja yang menggantikan	
		Nama	Shift	Departemen			Nama	Departemen
1	17 Maret 2008	Ilham	2	Pengolahan/FatFit	Sakit	3	Rafi	Keamanan

Tabel 1.7 Rekapitulasi Ketidak Hadiran Tenaga Kerja Pada Bagian Pengolahan/Kamar Mesin Tahun 2008

No	Tanggal	Tenaga kerja yang tidak masuk			Keterangan	jumlah (hari)	Tenaga kerja yang menggantikan	
		Nama	Shift	Departemen			Nama	Departemen
1	01 April 2008	Ihsan	3	Pengolahan/Kamar mesin	Sakit	2	Arif	Whokshop/Tenaga Ahli
2	18 April 2008	Rahmad	2	Pengolahan/Kamar mesin	Sakit	2	Ajir	Whokshop/Mandor Bengkel
3	12 Mei 2008	Yoga	3	Pengolahan/Kamar mesin	Sakit	3	Ipin	Whokshop/Listrik
4	19 Juni 2008	Siswanto	3	Pengolahan/Kamar mesin	Izin	4	Rizki	Whokshop/Tenaga Ahli
5	10 Juli 2008	Anas	3	Pengolahan/Kamar mesin	Izin	1	Nanang	Whokshop/Listrik
6	12 September 2008	Rozi	3	Pengolahan/Kamar mesin	Sakit	3	Deni	Whokshop/Tenaga Ahli
7	12 Oktober 2008	Rodi	3	Pengolahan/Kamar mesin	Izin	4	Awil	Whokshop/Tenaga Ahli
8	25 Desember 2008	Muis	3	Pengolahan/Kamar mesin	Izin	5	Romi	Administrasi/Kerani Produksi

Untuk menangani permasalahan ini biasanya pihak perusahaan mengambil kebijakan dengan mencari penambahan tenaga kerja dari bagian lainnya, misalnya pada bagian administrasi, *workshop*, dan keamanan. Jika hal ini terus terjadi maka akan mengganggu aktifitas kerja pada bagian yang ditinggalkan. Sehingga perusahaan perlu melakukan perencanaan kebutuhan tenaga kerja yang digunakan, sehingga nantinya tidak terjadi kekurangan dan kelebihan tenaga kerja yang bisa menyebabkan kerugian bagi perusahaan.

Berdasarkan kondisi seperti ini, maka perlu dilakukan perencanaan jumlah tenaga kerja yang dilakukan agar sesuai dengan yang dibutuhkan.

1.2 Perumusan Masalah

Dalam merencanakan jumlah tenaga kerja di PT. Tasma puja dilatarbelakangi oleh permasalahan jumlah tenaga kerja pada bagian pengolahan yang tidak sesuai dengan jumlah produksi yang dihasilkan. Berdasarkan permasalahan yang telah diuraikan di latar belakang dengan demikian di dalam penelitian ini masalah pokok yang akan di uraikan adalah:

1. Berapa jumlah tenaga kerja yang harus dipersiapkan di bagian pengolahan sehingga tidak akan mengganggu aktifitas kerja pada bagian yang menggantikan.
2. Berapa biaya perencanaan jumlah tenaga kerja agar total biaya perekrutan tenaga kerja minimum dalam satu periode perencanaan.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang diharapkan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui berapa jumlah tenaga kerja yang harus dipersiapkan di bagian pengolahan sehingga tidak akan mengganggu aktifitas kerja pada bagian yang menggantikan.
2. Mengetahui biaya perencanaan jumlah tenaga kerja agar total biaya perekrutan tenaga kerja minimum dalam satu periode perencanaan.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi perusahaan, dapat dipergunakan sebagai alat pendukung keputusan dalam perencanaan jumlah tenaga kerja yang efektif dan efisien untuk meningkatkan produktifitas perusahaan
2. Bagi universitas sebagai institusi pendidikan adalah menjalin kerjasama yang saling menguntungkan dengan dunia industri.
3. Bagi peneliti, hal ini merupakan sebuah proses untuk lebih memahami konsep, metode, serta aplikasi rantai Markov dalam perencanaan tenaga kerja dalam suatu perusahaan.

1.5 Batasan Masalah

Banyak faktor yang harus diidentifikasi dan dilibatkan untuk membuat perencanaan jumlah tenaga kerja. Tetapi karena keterbatasan peneliti dalam mengidentifikasi setiap masalah yang ada di dalam dan di luar sistem, maka perlu dilakukan pembatasan terhadap

permasalahan yang diamati tanpa mengurangi hasil yang diharapkan. Dalam hal ini batasan dan asumsi yang diambil adalah :

1. Data jumlah tenaga kerja yang diambil berdasarkan periode kerja setiap bulan selama bulan Januari-Desember 2008
2. Data jumlah produksi CPO perusahaan yang diambil berdasarkan periode kerja setiap bulan selama bulan Januari-Desember 2008
3. Penelitian ini akan diterapkan pada awal tahun 2009, dan apabila perusahaan ingin mengetahui jumlah tenaga kerja untuk tahun-tahun berikutnya akan dilakukan perhitungan ulang dengan data disesuaikan dengan jumlah tenaga kerja pada saat itu.
4. Penelitian ini hanya dilakukan di bagian pengolahan produksi.
5. Faktor ekonomi nasional dan global, faktor sosial, politik, hukum, faktor perkembangan teknologi dan faktor perkembangan pesaing tidak dilibatkan dalam penelitian ini.
6. Pengolahan *programming* data untuk perencanaan jumlah tenaga kerja dilakukan dengan perhitungan manual rantai markov yang dalam penyelesaiannya di bantu dengan metode *linearProgramming* dengan menggunakan *Solver* dari *Software QM for Windows*.

1.6 Posisi Penelitian

Adapun posisi penelitian pada skripsi ini dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 1.8 Rekapitulasi Posisi Penelitian

Nama	Judul Skripsi	Objek Penelitian	Tahun	Metode
Dian Setiadi	Perencanaan perawatan Mesin untuk Mengoptimalkan biaya perawatan dengan menggunakan metode rantai markov (studi kasus pada PT. Palliser Indonesia)	Mesin	2004	Rantai Markov
Nurul Aini	Peranan Rantai Markov dalam Aljabar Linear untuk Mengetahui Probabilitas Peralihan Konsumen pada Jenis Makanan yang Dikonsumsi.	Konsumen	2005	Rantai Markov
Jumaria silva	Menentukan Rencana Jumlah dan Biaya Perekrutan Tenaga Kerja Dengan Proses Markov Di PT. Tasma puja Kampar	Tenaga Kerja	2009	Proses Markov

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan laporan Tugas Akhir ini adalah:

BAB I PENDAHULUAN

Berisi tentang latar belakang permasalahan, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II LANDASAN TEORI

Pada bab ini menerangkan teori-teori yang mendukung pengumpulan dan pengolahan data.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian menjelaskan mengenai langkah-langkah yang dilakukan dalam proses penyelesaian masalah yang meliputi : penelitian pendahuluan, identifikasi masalah, perumusan tujuan penelitian , studi pustaka, pengumpulan data serta pengolahannya, pembahasan serta kesimpulan dan saran.

BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA PENELITIAN

Pada bab ini memuat latar belakang perusahaan, struktur organisasi, proses produksi sawit, berbagai data yang diperlukan untuk penelitian ini serta pengolahan data.

BAB V ANALISA PENGOLAHAN DATA

Bab ini berisikan tentang hasil dari pengolahan data yang didapat dan kemudian dijelaskan maksud dari hasil tersebut.

BAB VI PENUTUP

Pada bab ini berisikan tentang kesimpulan dari hasil analisa dan saran yang ditujukan kepada tempat penelitian yang bersangkutan.

1.8 Deskripsi Pekerjaan di PT. Tasma puja

Tabel 1.9 Rekapitulasi Diskripsi Pekerjaan di PT. Tasma puja.

Nama Pekerjaan	Diskripsi Pekerjaan	Kebutuhan				Pengganti			
		Skill	Ketelitian	Pengalaman	Pendidikan	Skill	Ketelitian	Pengalaman	Pendidikan
Mandor	mengawasi proses produksi	2	4	1	4	2	4	3	3
	mengecek								
Rebusan	mengecek apakah lori sudah terisi penuh TBS	4	4	3	4	4	4	3	4
	membuka, menutup dan menjaga/mengecek pintu rebusan apakah sudah terkunci								
	Pembuangan Udara								
	Pembuangan Uap secara Penyapuan								
	Pembuangan Udara Pada perebusan tiga puncak								
	Pembuangan air kondensate								
	Menaikan Tekanan Uap								
	Tahapan Tekanan Tetap (Konstan)								
	Pembuangan Uap (Blow off)								
	mengeluarkan lori TBS dari rebusan								
	Memasukkan lori TBS ke rebusan.								
Loading Ramp	mengawasi TBS turun dari Truk	2	3	1	1	2	3	1	3
	mengawasi proses pembersihan TBS								
	mengawasi masuknya TBS ke dalam lori-lori rebusan								
Hoisting Crane	Mengawasi pengangkutan lori TBS yang sudah direbus ketempat penampungan	3	4	3	3	3	4	3	3
	menurunkan lori kosong yang sudah dipindahkan isinya ke rel lantai pabrik								
	melakukan pengangkatan/menurunkan barang berat ke kendaraan angkut TBS								
Fress	Mengawasi massa adukan buah sawit	4	4	2	3	4	4	3	3
	mengatur tekanan hidrolik untuk proses pemerasan.								
Klarifikasi	mengawasi proses pemisahan minyak dari air dan ampas	4	4	3	3	4	4	3	3
pengolahan inti	mengawasi proses pelepasan buah sawit dari tandan/Thesher	4	4	3	4	4	4	3	4
	mengontrol mesin-mesin penebah yaitu fruit hopper (penampungan buah), Auto Feeder, Electro Motor, Gearbox, Tromol Penebah.								
Boiler	mengawasi Proses pengadukan TBS	4	4	2	3	4	4	3	4
	Menjaga suhu proses pengadukan								
Water treatment	mengawasi kolam penampungan limbah	4	4	2	3	4	4	3	3
	mengawasi desanding siklum								
	mengawasi purifier								
	mengawasi saringan penyerap uap								
	mengawasi saringan air kondensat.								
Tongkas	mengawasi tangki pemisah	3	3	2	3	3	3	3	3
	mengawasi tangki minyak mentah								
	mengawasi tangki sludge								
	mengawasi tangki kurasan.								
kamar mesin	mengontrol mesin penebah pada proses perebusan	3	4	2	3	4	4	3	3
fat-fit	mengawasi proses pemisahan saluran buangan kotoran minyak dan lumpur dari bak fat-fit	2	3	1	3	3	3	3	3
loader	mengawasi proses pengomposan ampas.	1	2	1	2	1	2	1	2

Keterangan

1. Skill

1 = Sangat tidak penting memiliki skill

2 = Tidak penting memiliki skill

3 = Memiliki skill

4 = Sangat penting memiliki skill

2. Ketelitian

1 = Sangat tidak penting memiliki tingkat ketelitian

2 = Tidak memiliki tingkat ketelitian

3 = Memiliki tingkat ketelitian

4 = Sangat penting memiliki tingkat ketelitian

3. Pengalaman

1 = Tidak Memiliki Pengalaman

2 = Memiliki pengalaman kurang dari 1 tahun

3 = Memiliki pengalaman lebih dari 1 tahun

4. pendidikan

1 = Tamat SD

2 = Tamat SMP

3 = Tamat SMU

4 = Tamat Perguruan tinggi.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Perencanaan Tenaga Kerja

2.1.1 Definisi Perencanaan Tenaga Kerja

Perencanaan adalah proses pemilihan dan penerapan tujuan strategi, metode, anggaran, dan standar (tolak ukur) keberhasilan suatu kegiatan. Pengertian ini menunjukkan bahwa perencanaan merupakan proses atau rangkaian beberapa kegiatan yang saling berhubungan dalam memilih salah satu di antara beberapa alternatif tentang tujuan yang ingin dicapai oleh sebuah perusahaan. (Nawawi,2005)

Pengimplementasian pengertian perencanaan dalam perencanaan jumlah tenaga kerja berarti di lingkungan sebuah perusahaan harus dilakukan rangkaian kegiatan menetapkan tujuan, memilih strategi dan metode serta penyediaan anggaran untuk mendapatkan tenaga kerja baru, yang dibutuhkan oleh sebuah perusahaan.

Mengatasi masalah peningkatan kesempatan kerja ini tidak cukup hanya dengan instrumen-instrumen kebijakan makro, tetapi juga membutuhkan adanya perencanaan ketenagakerjaan yang komprehensif dan integral antara struktur pasar kerja, peningkatan pendidikan dan pelatihan serta instrumen kebijakan di sektor ekonomi dan keuangan.

Pada dasarnya perencanaan tenaga kerja mengandung dua penekanan. Di satu pihak, memuat perkiraan kebutuhan tenaga kerja untuk berbagai sektor, waktu dan keahlian tertentu. Di pihak lain, memuat strategi, cara dan langkah-langkah pemenuhan kebutuhan tenaga kerja, baik melalui sistim pendidikan maupun melalui program-program latihan.

Manakala kita amati secara cermat kondisi ketenagakerjaan Indonesia, maka memasuki abad ke-21, masalah-masalah struktural yang menjadi kendala utama dalam upaya peningkatan kesempatan kerja berkisar pada kuantitas dan kualitas angkatan kerja. Khususnya dimensi kualitas, tampaknya perlu mendapat pembenahan serius.

Penguasaan dan penerapan teknologi dan ilmu pengetahuan adalah tidak terelakkan bila Indonesia berkeinginan sejajar dengan negara-negara maju. Ini hanya mungkin terwujud jika tenaga memiliki basis kognitif dan skill di bidang teknologi yang memadai. Karenanya, perencanaan tenaga kerja yang didukung dengan strategi pembangunan yang berorientasi pada peningkatan kualitas sumberdaya manusia menjadi pilihan tepat yang harus dikembangkan.

Melalui evaluasi perencanaan tenaga kerja kualitas sumber daya manusia di dalam sebuah perusahaan dapat dikenali secara lebih terperinci, arah pengembangan sumber daya manusia menjadi lebih jelas arahnya. Bahkan pengembangan karyawan secara individual dapat dilakukan sesuai dengan arah pengembangan dan kebutuhan perusahaan, kegiatan evaluasi ini akan sangat membantu upaya peningkatan kompetensi tenaga kerja. Di sisi lain kriteria penghitungan kekuatan tenaga kerja perlu juga di-evaluasi sejalan dengan peningkatan kompetensi tenaga kerja tersebut. Proses ini memerlukan waktu, oleh sebab itu banyak perusahaan melaksanakan kegiatan audit personel (*personnel audit*) untuk mempercepat proses pemetaan dan penentuan arah pengembangan tenaga kerja secara individual maupun tim. Program berikutnya setelah audit personel adalah menentukan arah peningkatan kompetensi yang diperlukan perusahaan di masa kini maupun masa yang akan datang.

Sebuah unit kerja katakanlah unit produksi, jumlah tenaga kerja biasanya ditentukan berdasarkan pengalaman dari perusahaan. Dari sejak awal pendirian perusahaan atau unit kerja tersebut telah dilakukan banyak uji coba di lapangan untuk menentukan jumlah tenaga kerja yang paling sesuai dengan keadaan perusahaan pada saat itu. Di banyak perusahaan jumlah tenaga kerja tersebut tidak mengalami perubahan sejak saat itu hingga kini, padahal beberapa alat dan perlengkapan kerja dengan teknologi yang lebih maju telah disediakan.

Dalam hal ini pengurangan tenaga kerja tidak selalu berarti pemutusan hubungan kerja, karena karyawan yang berlebih bisa dimutasikan ke bagian lain dengan persiapan pembekalan keterampilan yang cukup. Dengan penambahan atau penggantian alat dan perlengkapan kerja yang lebih modern, perusahaan perlu pula mempersiapkan keterampilan tenaga kerja agar mampu mengoperasikannya dengan benar. Sehingga alat dan perlengkapan yang baru tersebut betul-betul memberikan manfaat tambahan pada perusahaan (kualitas, waktu & biaya).

Sangatlah mungkin terjadi bahwa penambahan dan penggantian alat atau perlengkapan kerja akan membutuhkan pengkajian ulang terhadap urutan proses kerja dan tata letak proses dalam sebuah unit kerja, untuk mendapatkan manfaat yang optimal dari biaya yang telah dikeluarkan perusahaan. Hal tersebut berarti pula perusahaan perlu mempersiapkan tenaga kerja agar dapat menyesuaikan diri dengan proses kerja yang baru. Sayangnya hal ini tidak serta merta dijalankan, yang berakibat investasi alat dan perlengkapan kerja baru tersebut menjadi sebuah kemewahan bagi perusahaan.

2.1.2 Tujuan Perencanaan Tenaga kerja

1. Tujuan Umum

Tujuan perencanaan tenaga kerja secara umum adalah untuk meraih laba kompetitif secara berkelanjutan, karena hanya dengan laba eksistensi organisasi/perusahaan dapat dipertahankan atau dikembangkan. Oleh karena itu perencanaan tenaga kerja harus mampu menetapkan keputusan mengenai jumlah dan kualifikasi tenaga kerja yang memiliki kemampuan untuk mencapai tujuan perusahaan.

2. Tujuan Khusus

Perencanaan tenaga kerja menyangkut prediksi kebutuhan tenaga kerja di masa datang di lingkungan perusahaan, maka tujuan khususnya terkait dengan waktu yang terdiri dari:

- a. Tujuan perencanaan tenaga kerja jangka pendek (Prespektif tahunan) adalah menetapkan prediksi posisi/jabatan dan pekerjaan yang kosong satu tahun mendatang yang harus diisi, baik jumlah maupun kualifikasinya di lingkungan sebuah perusahaan. Tujuan ini bermaksud untuk mencegah terjadinya kekurangan tenaga kerja yang dapat berdampak pelaksanaan pekerjaan menjadi tidak efektif dan tidak efisien dalam menyelesaikan tugas-tugas dan masalah-masalah kerja selama satu tahun mendatang.
- b. Tujuan perencanaan tenaga kerja jangka sedang/panjang adalah menetapkan prediksi permintaan tenaga kerja selama 2-3 tahun atau lebih (maksimal 5 tahun mendatang), agar perusahaan memiliki kemampuan mempertahankan dan mengembangkan eksistensi kompetitifnya melalui kemampuan meraih laba secara berkelanjutan.

2.1.3 Manfaat Perencanaan Tenaga Kerja

1. Meningkatkan efektivitas dan efisiensi pendayagunaan tenaga kerja. pendayagunaan tenaga kerja akan berlangsung efektif dan efisien karena perencanaan tenaga kerja harus di mulai dengan kegiatan pengaturan kembali atau penempatan ulang tenaga kerja yang dimiliki. Penempatan ulang dimaksudkan agar setiap dan semua tenaga kerja yang dimiliki bekerja pada jabatan atau pekerjaan yang sesuai dengan kemampuannya.
2. Menyelaraskan aktivitas tenaga kerja berdasarkan potensinya masing-masing dengan tugas-tugas yang sasarannya berpengaruh pada peningkatan efisiensi dan efektivitas pencapaian tujuan perusahaan. Dengan kata lain semua tenaga kerja berpeluang untuk berperilaku proaktif dalam bekerja, karena setiap tugas dan masalah yang berada dalam

lingkup kemampuannya akan dapat diselesaikan secara baik sebagai prestasi yang memberikan kepuasan dalam bekerja.

3. Meningkatkan kecermatan dan penghematan pembiayaan dan tenaga dalam melaksanakan rekrutmen dan seleksi. Rekrutmen dan Seleksi untuk menindaklanjuti perencanaan tenaga kerja harus didahului dengan melaksanakan promosi dan pemindahan jabatan, memensiunkan dan memberhentikan pekerja sesuai alasan masing-masing. Dengan demikian pembiayaan dapat dihemat, karena melalui ketepatan penempatan ulang tidak akan terjadi penempatan yang keliru, sehingga tidak perlu menyediakan pembiayaan untuk mengangkat atau menambah tenaga kerja dari sumber eksternal, jika masih tersedia dari sumber internal yang memenuhi kualifikasi untuk mengisi kekosongan.
4. Perencanaan tenaga kerja yang profesional mendorong usaha menciptakan dan menyempurnakan sistem informasi tenaga kerja agar selalu akurat siap pakai untuk berbagai kegiatan manajemen tenaga kerja. selanjutnya informasi dari perencanaan tenaga kerja dapat digunakan untuk melengkapi informasi di dalam sistem informasi tenaga kerja.
5. Perencanaan tenaga kerja dapat meningkatkan koordinasi antara manajer unit kerja/departemen, yang akan berkelanjutan juga dalam melaksanakan kegiatan manajemen tenaga kerja, bahkan dapat dikembangkan dalam melaksanakan kegiatan bisnis yang memerlukan kerjasama.

2.1.4 Keunungan Perencanaan Tenaga Kerja.

1. Mendorong perilaku proaktif dan terhindar dari perilaku reaktif dalam melaksanakan kegiatan perencanaan tenaga kerja yang akan berdampak positif pada pelaksanaan kegiatan bisnis.
2. Perencanaan tenaga kerja berfungsi untuk memantapkan tujuan perusahaan
3. Merangsang pemikiran kritis dalam menguji asumsi bisnis.
4. Mendorong partisipasi tenaga profesional dalam proses produksi.
5. Menjembatani jurang pemisah antara bisnis sekarang dengan visi bisnis di masa depan.
6. Memantapkan alokasi tenaga kerja dan pilihan bisnis.
7. Menciptakan suasana kebersamaan.

2.1.5 Perubahan Komposisi Tenaga Kerja

Proses perekrutan dan pengurangan tenaga kerja bertujuan untuk memperoleh jumlah tenaga kerja yang tepat bagi perusahaan. Sehingga proses perekrutan dan pengurangan tenaga kerja dalam suatu perusahaan tidak terlepas dari perencanaan tenaga kerja yang telah dibuat oleh pihak manajemen, yaitu menyangkut komposisi (jumlah dan jenis) tenaga kerja yang dibutuhkan.

2.1.5.1 Rekrutmen Tenaga Kerja

A. Sebab Timbulnya Rekrutmen Tenaga Kerja.

Ada beberapa hal yang menyebabkan timbulnya rekrutmen tenaga kerja pada satu perusahaan, yaitu :

1. Pada perusahaan yang baru berdiri akan terbuka sejumlah lowongan yang harus diisi tenaga kerja baru.
2. Perluasan kegiatan perusahaan, baik karena ekspansi, ataupun karena diversifikasi hasil produksi
3. Tenaga kerja minta berhenti atau karena diberhentikan perusahaan karena berbagai sebab.
4. Lowongan dapat terjadi karena tenaga kerja sudah lanjut dan harus pensiun atau karena tenaga kerja yang meninggal dunia

Lowongan kerja yang terbuka harus diisi untuk terlaksananya pekerjaan dengan baik sehingga tujuan dari perusahaan dapat tercapai.

B. Faktor Yang Mempengaruhi Rekrutmen Tenaga Kerja

Dalam melakukan kegiatan rekrutmen tenaga kerja, suatu perusahaan harus memperhatikan dua faktor agar rekrutmen tenaga kerja tersebut dapat direncanakan dan dilaksanakan dengan baik, kedua faktor tersebut adalah:

1. Faktor internal perusahaan

Sejumlah faktor internal perusahaan yang perlu mendapat perhatian dalam rangka rekrutmen tenaga kerja, meliputi kebijakan promosi, kebijakan tentang kompensasi, status kepegawaian dan rencana sumber tenaga kerja.

2. Faktor eksternal perusahaan

Faktor eksternal perusahaan merupakan faktor yang tidak boleh diabaikan, melainkan harus menjadi salah satu faktor penentu dalam rekrutmen dan pemutusan hubungan

kerja dengan tenaga kerja oleh perusahaan. Yang diatur didalam undang-undang Republik Indonesia No 13 Tahun 2003 tentang ketenaga kerjaan.

C. Sumber-Sumber Tenaga Kerja

Dalam melakukan rekrutmen tenaga kerja, suatu perusahaan harus memperhatikan sumber-sumber dari tenaga kerja karena akan menentukan kualitas dan kuantitas dari tenaga kerja itu sendiri. Sumber-sumber tenaga kerja yang umum yaitu (Flippo, 1996):

1. Sumber dari dalam perusahaan, tenaga kerja yang telah ada dalam perusahaan yang memenuhi syarat untuk menduduki posisi atau jabatan yang kosong tersebut.
2. Sumber-sumber dari luar perusahaan, diantaranya yaitu teman-teman tenaga kerja perusahaan tersebut, badan-badan penempatan tenaga kerja, lembaga pendidikan serta melalui advertensi di media massa.
3. Sumber-sumber lain, diantaranya yaitu lingkungan pertanian, imigran dan imigrasi serta organisasi-organisasi tertentu, misalnya organisasi buruh.

2.1.5.2 Pemberhentian Tenaga Kerja

Dalam arti yang luas, turnover diartikan sebagai aliran keluar masuk para tenaga kerja dalam suatu perusahaan. Turnover ini merupakan petunjuk kestabilan tenaga kerja. Semakin tinggi turnover berarti semakin sering terjadi pergantian tenaga kerja. Dalam hal ini akan merugikan perusahaan karena turnover akan menyebabkan berbagai biaya diantaranya (Heidjrachman, 1990):

1. Biaya rekrutmen tenaga kerja baru termasuk didalamnya waktu dan fasilitas untuk wawancara.
2. Biaya pelatihan tenaga kerjabaru termasuk didalamnya waktu pengawasan, tenaga kerja itu sendiri, dan biaya perlengkapan kerja.
3. Biaya pesangon untuk tenaga kerja yang dikeluarkan.
4. keuntungan yang hilang selama masa kekurangan tenaga kerja (*backorder*).

2.2 Rantai Markov

2.2.1 Definisi Rantai Markov

Rantai Markov adalah suatu teknik matematika yang biasa digunakan untuk melakukan pembuatan model bermacam-macam system dan proses bisnis. Teknik ini dapat digunakan untuk memperkirakan perubahan-perubahan di waktu yang akan datang dalam variable-variabel dinamis atas dasar perubahan-perubahan dari variable-variabel dinamis

tersebut diwaktu yang lalu. Teknik ini juga dapat digunakan untuk menganalisa kejadian-kejadian di waktu-waktu mendatang secara matematis (Siagian,1987).

Model rantai Markov dikembangkan oleh seorang ahli Rusia Andrei A. Markov pada tahun 1906. penerapan rantai Markov mula-mula adalah pada ilmu-ilmu pengetahuan fisika (menganalisa dan memperkirakan perilaku partikel-pratikel gas dalam suatu wadah tertutup) dan meteorology (meramal keadaan cuaca). Tetapi sekarang rantai Markov telah banyak digunakan dalam berbagai bidang diantaranya perencanaan tingkat inventory dan perencanaan tenaga kerja.

Tujuan rantai Markov secara umum adalah menentukan kebijakan optimal yang memaksimumkan ekspektasi pendapatan dari proses yang memiliki jumlah keadaan (state) terbatas atau tidak terbatas.

2.2.2 Ciri-ciri Rantai Markov

Untuk menjelaskan ciri-ciri proses Markov akan digunakan suatu contoh operasi dari sebuah kendaraan umum. Kendaraan itu kalau tidak sedang diperbaiki tentu saja akan beroperasi. Jadi, dalam konteks ini kendaraan selalu berada pada salah satu dari dua *states* atau status yang mungkin, yaitu narik atau mogok. Perubahan dari satu status ke status yang lain pada periode (hari) berikutnya merupakan suatu proses random yang dinyatakan dalam probabilitas dan dinamakan *probabilitas transisi*, misalkan mereka adalah :

$$\begin{aligned} P(\text{narik} \mid \text{narik}) &= 0,6 & P(\text{narik} \mid \text{mogok}) &= 0,8 \\ P(\text{mogok} \mid \text{narik}) &= 0,4 & P(\text{mogok} \mid \text{mogok}) &= 0,2 \end{aligned}$$

$P(\text{narik/mogok}) = 0,8$ berarti probabilitas kendaraan besok narik jika hari ini mogok adalah 0,8. Ini dapat diartikan bahwa untuk memperbaiki kerusakan dapat makan waktu lebih dari sehari. Probabilitas-probabilitas itu dapat disusun dalam bentuk tabel (matriks) seperti ditunjukkan pada Tabel 2.1

Dari status (Sekarang)	ke Status (besok)	
	Narik	mogok
Narik	0,6	0,4
Mogok	0,8	0,2

Untuk dapat digolongkan proses Markov, masalah ini harus memenuhi beberapa asumsi. Pertama, jika sekarang kendaraan narik, besok hanya ada dua kemungkinan status, yaitu narik lagi atau mogok. Sehingga jumlah probabilitas transisi pada setiap baris adalah

satu. Kedua probabilitas transisi itu tidak akan berubah untuk selamanya. Ketiga probabilitas transisi hanya tergantung pada status sekangan dan bukan pada status periode sebelumnya.

2.2.3 Proses Stokastik

Sebuah proses Stokastik didefinisikan sebagai kumpulan dari variable random $\{X_t\}$, dimana indeks t bergerak dalam ruang T . T dianggap sebagai kumpulan dari bilangan bulat nonnegative, dan X_t menyatakan karakter dari objek yang diamati pada waktu t . Sebagai contoh proses stokastik X_1, X_2, X_3, \dots dapat menyatakan kumpulan dari tingkat inventori atau tingkat permintaan suatu produk setiap minggu atau bulan.

Banyak sekali proses stokastik yang menarik. Ketika kita memperhatikan bagaimana suatu sistem beroperasi dalam periode tertentu kadang akan menuntun kita menuju proses stokastik. Pada titik-titik tertentu dari waktu yang dinyatakan dengan $0, 1, \dots$, sistem tersebut dalam keadaan (*state*) tertentu yang dinyatakan dengan $0, 1, \dots, M$. Jarak antar titik dalam waktu dapat sama atau dapat juga tergantung pada tingkah laku dari keseluruhan fisik sistem dimana proses stokastik terjadi. Walaupun keadaan (*states*) merupakan karakter kualitatif maupun kuantitatif dari sistem, secara umum seluruh keadaan (*states*) dari sistem dapat dinyatakan dengan angka $0, 1, \dots, M$

Dalam sistem perencanaan jumlah tenaga kerja X_1 menggambarkan keadaan (*states*) tingkat persediaan tenaga kerja pada akhir periode pertama, X_2 menggambarkan keadaan tingkat persediaan tenaga kerja pada akhir periode kedua dan seterusnya. Jadi variabel X_t menggambarkan keadaan dari suatu sistem pada waktu t .

2.2.4 Perumusan Rantai Markov

Rantai Markov adalah bagian dari proses Stokastik. Proses stokastik dinyatakan sebagai Rantai Markov jika memiliki sifat Markov. Sebuah proses stokastik dinyatakan memiliki sifat Markov jika

$$P\{X_{t+1} = j | X_0 = k_0, X_1 = k_1, \dots, X_{t-1} = k_{t-1}, X_t = i\} = P\{X_{t+1} = j | X_t = i\},$$

Untuk $t = 0, 1, \dots$, dan setiap rangkaian $i, j, k_0, k_1, \dots, k_{t-1}$

Sifat Markov ini dapat diartikan sebagai berikut :

1. Peluang bersyarat dari X_{t+1} untuk harga-harga X_0, X_1, \dots, X_t , yang sudah diketahui tergantung hanya pada harga X_t , yaitu harga terdekat, dan tidak tergantung pada harga-harga X_0, X_1, \dots, X_{t-1}

2. Atau diketahui keadaan sistem pada saat sekarang, keadaan masa mendatang tidak tergantung pada keadaan masa lalu.
3. Atau, kita cukup mengetahui sejarah stokastik pada waktu t_t untuk dapat menurunkan sifat-sifat proses pada waktu t_{t+1}

Peluang bersyarat dari $P\{X_{t+1} = j \mid X_t = i\}$ di sebut peluang peralihan (transisi)". Jika untuk sepiap i dan j

$$P\{X_{t+1} = j \mid X_t = i\} = P\{X_1 = j \mid X_0 = 0\}, \text{ untuk semua } t = 0, 1, \dots,$$

Peluang peralihan satu langkah tersebut dilambangkan dengan P_{ij} , peluang peralihan satu langkah ini disebut stasioner jika peluang peralihan tersebut tidak berubah terhadap waktu. Keberadaan peluang peralihan stasioner satu langkah juga menyebabkan, untuk setiap i, j , dan $n(n=0, 1, 2, \dots)$,

$$P\{X_{t+n} = j \mid X_t = i\} = P\{X_n = j \mid X_0 = 0\}, \text{ untuk semua } t = 0, 1, \dots,$$

Peluang bersyarat ini biasanya dinyatakan dengan $p_{ij}^{(n)}$ dan disebut peluang peralihan n -langkah. Dengan demikian $P_{ij}^{(n)}$ adalah hanya peluang peralihan bersyarat dimana variabel acak X , mulai pada keadaan (state) i , dan akan berada pada keadaan (state) j setelah tepat n -langkah (satuan waktu).

Karena $P_{ij}^{(n)}$ adalah peluang bersyarat, maka harus nonnegatif, dan karena proses harus mengalami peralihan kebeberapa keadaan(states) maka harus memenuhi sifat.

$$P_{ij}^{(n)} \geq 0, \text{ untuk semua } i \text{ dan } j; n=0, 1, 2, \dots,$$

Penulisan yang tepat untuk menyatakan peluang peralihan n -langkah adalah dalam bentuk matriks yaitu sebagai berikut :

Tabel 2.2. Bentuk Matriks Peluang Peralihan

Keadaan	0	1	...	M
0	$P_{00}^{(n)}$.	.	$P_{0M}^{(n)}$
1
.
.
M	$P_{M0}^{(n)}$.	.	$P_{MM}^{(n)}$

Untuk $n = 0, 1, 2, 3, \dots$,

Atau sama dengan

$$P(n) = \begin{pmatrix} P_{00}^{(n)} \dots P_{0M}^{(n)} \\ \dots\dots\dots \\ P_{M0}^{(n)} \dots P_{MM}^{(n)} \end{pmatrix}$$

Kita dapat menghilangkan pangkat n jika $n=1$. Untuk selanjutnya dalam penelitian ini, rantai *markov* hanya dibatasi dalam sifat *Markov* keadaan (*states*) dengan jumlah terbatas dan peluang peralihan stationer.

2.2.5 Klasifikasi keadaan (*states*) Rantai Markov

Peluang peralihan berkaitan dengan keadaan (*states*) memainkan peran yang sangat penting dalam studi rantai Markov. Sehingga perlu dijelaskan beberapa pengertian berhubungan dengan keadaan (*states*) yaitu sebagai berikut:

1. Keadaan (*state*) j disebut *accessible* dari keadaan i jika $P_{ij}(n) > 0$, artinya adalah mungkin bagi sistem untuk memiliki keadaan j secepatnya ketika mulai dari keadaan i .
2. Keadaan disebut *communicate* jika keadaan (*state*) j *accessible* dari keadaan i dan keadaan i juga *accessible* dari keadaan j .
3. Dua keadaan yang *communicate* disebut berada dalam kelas yang sama.
4. Sebuah rantai markov yang hanya mengandung satu kelas disebut *irreducible chain*. Ini artinya seluruh keadaan berkomunikasi satu sama lain dalam satu rantai markov.
5. Keadaan i disebut keadaan *recurrent* jika $f_{ii} = 1$ *transient* jika $f_{ii} < 1$, dimana f_{ii} menyatakan peluang bahwa proses akan kembali ke keadaan i jika mulai dari keadaan i
6. Keadaan disebut *absorbing states* jika peluang peralihan satu langkah p_{ij} sama dengan 1.

2.2.6 Model untuk keputusan Markov

Model untuk proses keputusan *Markov* dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Keadaan (*state*) i dari rantai *Markov* waktu diskret diamati setelah setiap peralihan ($i = 0, 1, \dots, M$)
2. Setelah setiap kali pengamatan maka sebuah keputusan (tindakan) k dipilih dari kumpulan keputusan K yang mungkin ($k = 0, 1, 2, \dots, k$). (Beberapa keputusan tidak relevan dengan beberapa keadaan).

3. Jika keputusan $d_i = k$ dibuat pada keadaan (*state*) i maka biaya yang terjadi mempunyai nilai harapan (*expected value*) C_{ik}
4. Keputusan $d_i = k$ pada keadaan i menentukan peluang peralihan (transisi) untuk peralihan berikutnya dari keadaan i . Peluang peralihan ini dinyatakan oleh $p_{ij}(k)$, untuk $j = 0, 1, \dots, M$. Artinya peluang peralihan baru hanya tergantung pada keadaan dan keputusan sekarang.
5. Komposisi keputusan untuk setiap keadaan (d_0, d_1, \dots, d_M) menentukan sebuah kebijakan untuk proses keputusan Markov
6. Tujuannya adalah untuk menentukan kebijakan optimal berdasarkan beberapa standard biaya yang mempertimbangkan biaya yang segera terjadi dan biaya yang berikutnya yang dihasilkan oleh proses evolusi dimasa mendatang. Salah satu standar yang paling umum adalah dengan meminimalkan *long-run expected average cost*.

Kebijakan memiliki beberapa sifat yaitu:

1. Kebijakan bersifat stasioner maksudnya jika sistem berada dalam keadaan i , aturan dalam pengambilan keputusan selalu sama tanpa memperhatikan waktu t sekarang.
2. Kebijakan kebijakan bersifat deterministik maksudnya jika sistem berada dalam keadaan i , aturan dalam pengambilan keputusan mengharuskan memilih satu keputusan tertentu.

Dalam menentukan kebijakan optimal dalam suatu permasalahan dapat dilakukan dengan metode *linear Programming*.

2.2.7 Menentukan Keputusan Optimal dengan *Linear Programming*.

Linear Programming adalah metode untuk memecahkan persoalan-persoalan yang menghilangkan hambatan-hambatan yang bersifat linier dari beberapa alternatif yang dibentuk oleh persamaan-persamaan pembatas, sehingga dicapai sasaran-sasaran tertentu yang paling baik diantara alternatif yang ada dan diperoleh fungsi tujuan yang optimal.

Dalam menentukan kebijakan optimal untuk proses markov dengan menggunakan metode *Linear Programming* berhubungan dengan variabel keputusan y_{ik} yaitu peluang tidak bersyarat keadaan tetap (*steady-state*) bahwa sistem akan berada pada keadaan i dan keputusan k diambil. Ini berarti dalam metode *linear Programming* kita menentukan peluang tidak bersyarat keadaan tetap untuk setiap keadaan untuk memperoleh keputusan yang optimal. Dalam menentukan y_{ik} ini maka akan ditentukan terlebih dahulu fungsi tujuan dan batasan-batasannya. Setelah fungsi tujuan dan batasan-batasan tersebut diselesaikan maka akan didapat keputusan y_{ik} dimana prosesnya sebagai berikut :

$$y_{ik} = P\{\text{keadaan} = i \text{ dan keputusan} = k\}$$

Setiap y_{ik} berhubungan dengan D_{ik} karena dari aturan peluang bersyarat,

$$y_{ik} = \pi_i D_{ik}$$

dimana,

π_i = Peluang keadaan tetap (*steady-state*) sistem berada pada keadaan i

D_{ik} = Peluang untuk memilih keputusan k sebagai keputusan ketika sistem berada pada keadaan i

Karena

$$\pi_i = \sum_{k=0}^K y_{ik}$$

maka

$$D_{ik} = \frac{y_{ik}}{\pi_i} = \frac{y_{ik}}{\sum_{k=0}^K y_{ik}}$$

Terdapat beberapa batasan yang berlaku pada y_{ik} yaitu sebagai berikut:

$$1. \sum_{i=1}^M \pi_i = 1 \text{ sehingga } \sum_{i=1}^M \sum_{k=0}^K y_{ik} = 1$$

2. Dari persamaan peluang keadaan tetap (*steady-state*)

$$\pi_j = \sum_{i=1}^M \pi_i p_{ij}$$

$$\text{sehingga } \sum_{i=0}^K y_{ik} = \sum_{i=1}^M \sum_{k=0}^K y_{ik} p_{ij}(k)$$

$$\text{maka } \sum_{i=0}^K y_{ik} - \sum_{i=1}^M \sum_{k=0}^K y_{ik} p_{ij}(k) = 0 \text{ untuk } j = 1, 2, \dots, M$$

3. $0 \leq y_{ik} \leq 1$, untuk $i = 1, 2, \dots, M$ dan $k = 1, 2, \dots, K$

dimana,

y_{ik} = peluang tidak bersyarat keadaan tetap bahwa sistem akan berada pada keadaan i dan keputusan k diambil.

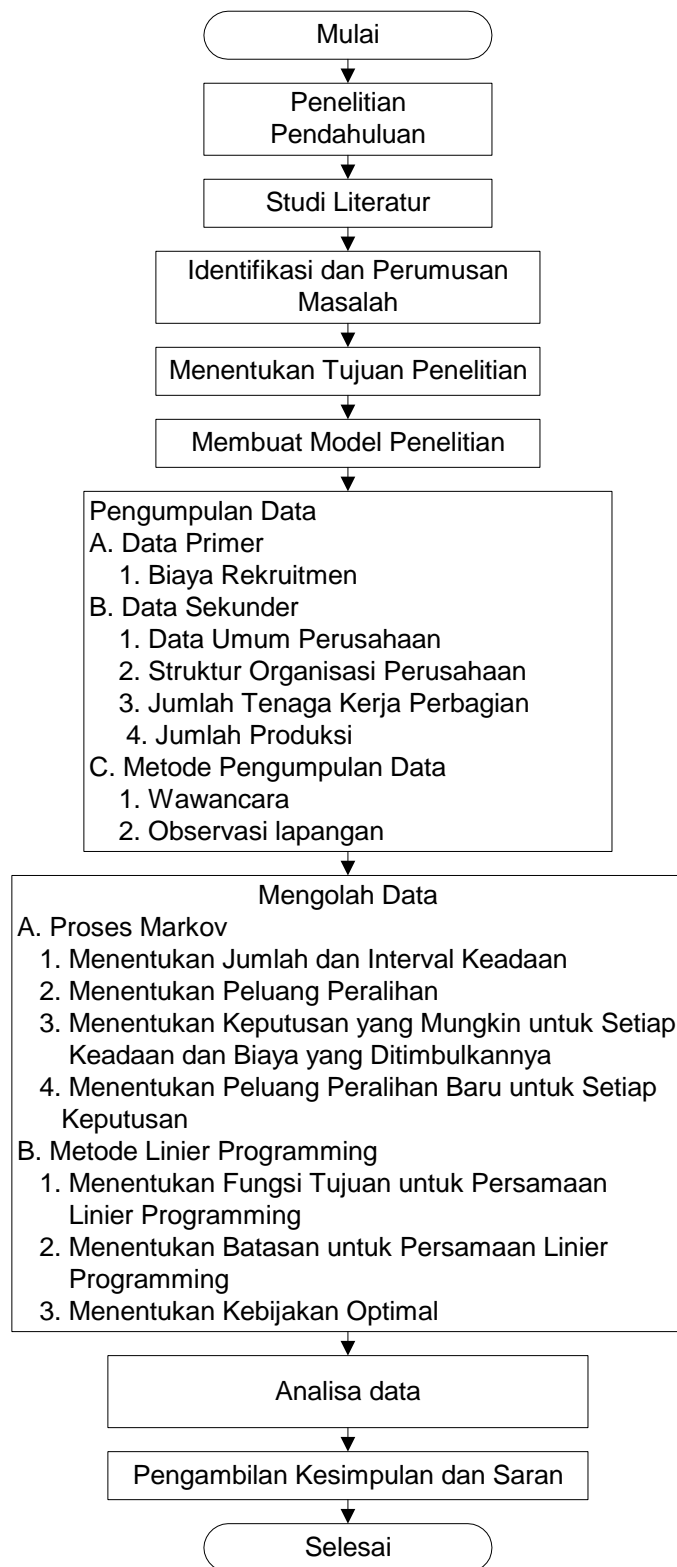
y_{jk} = peluang tidak bersyarat keadaan tetap bahwa sistem akan berada pada keadaan j dan keputusan k diambil.

$p_{ij}(k)$ = peluang peralihan baru dari keadaan i menuju keadaan j berdasarkan keputusan k .

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Hasil yang akan diperoleh apabila penelitian dilakukan dengan tahapan yang jelas dan tepat . untuk itu diperlukan suatu metodologi penelitian yang dapat membantu menyelesaikan masalah tersebut dengan jelas dan mudah. Pada tugas akhir ini, metodologi penelitian yang digunakan merupakan perbandingan antara system konsep dengan system nyata, dan selanjutnya memperbaiki masalahnya. Di dalam perbandingan, kegiatan yang dilakukan adalah menganalisis system nyata dengan menggunakan parameter-parameter dari sistem konsep yang disesuaikan dengan kondisi yang ada. Metodologi ini digambarkan pada gambar 3.1



Gambar 3.1 Tahapan Proses Penelitian

3.1 Penelitian Pendahuluan

Penelitian ini dilakukan di PT. Tasma puja. Dalam penelitian ini dilakukan penelitian pendahuluan terlebih dahulu yaitu dilakukan penelitian langsung ke setiap bagian perusahaan, yaitu bagian pengolahan, bagian administrasi dan bagian workshop. Selain itu juga dilakukan pengamatan langsung terhadap proses produksi yang terjadi. Setelah itu dilakukan wawancara langsung dengan bagian yang terkait mengenai sejarah perusahaan dan data-data lain yang mendukung penyusunan tugas akhir ini. Seperti data jumlah tenaga kerja pada tiap bagian perusahaan, data profil perusahaan, data struktur organisasi, dan data jumlah produksi.

3.2 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mencari teori-teori pendukung sebagai acuan untuk memecahkan permasalahan yang terjadi. Studi literatur dilakukan dengan menggunakan buku-buku referensi yang mendukung penyusunan tugas akhir ini.

3.3 Identifikasi dan Perumusan Masalah

Dalam merencanakan jumlah tenaga kerja di PT. Tasma puja dilatar belakangi oleh permasalahan jumlah tenaga kerja pada bagian pengolahan yang tidak sesuai dengan jumlah produksi yang dihasilkan, dengan demikian di dalam penelitian ini masalah pokok yang akan di uraikan adalah

1. Menentukan berapa jumlah tenaga kerja yang harus dipersiapkan di bagian pengolahan sehingga tidak akan mengganggu aktifitas kerja pada bagian yang mengantikan.
2. Menentukan biaya perencanaan jumlah tenaga kerja agar total biaya rekrutmen tenaga kerja minimum dalam satu periode perencanaan

3.4 Menetapkan Tujuan Penelitian

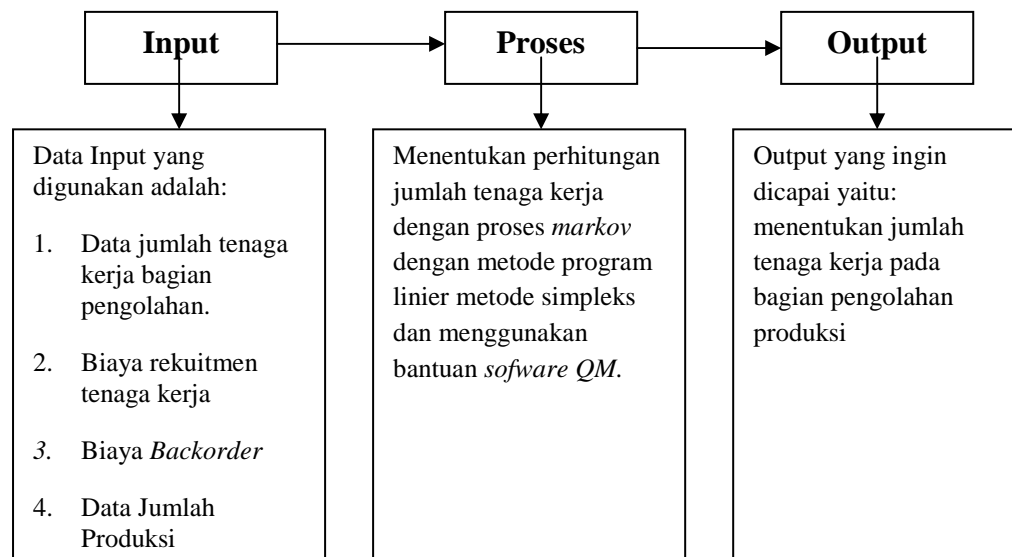
Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui berapa jumlah tenaga kerja yang harus dipersiapkan di bagian pengolahan sehingga tidak akan mengganggu aktifitas kerja pada bagian yang mengantikan.
2. Mengetahui biaya perencanaan jumlah tenaga kerja agar total biaya rekrutmen tenaga kerja minimum dalam satu periode perencanaan

3.5 Membuat Model Penelitian

Setelah melakukan studi pendahuluan yaitu dengan melakukan survei ke perusahaan guna melihat permasalahan dan mengidentifikasi masalah yang bisa dijadikan sebagai

bahan penelitian, langkah selanjutnya yaitu melakukan penelitian. Sebelum melakukan penelitian maka sebaiknya membuat model penelitian yang berguna untuk pedoman dalam proses pengolahan data. Model penelitian yang ada pada penelitian ini adalah sebagai berikut:



Gambar 3.2 Diagram IPO (Input Proses Output) Model Penelitian

3.6 Pengumpulan Data

Pada tahap pengumpulan data, data-data yang dibutuhkan dikelompokkan menjadi 2 yaitu data primer dan data sekunder. Data Primer adalah data yang diperoleh langsung dari perusahaan, sedangkan data sekunder merupakan data primer yang telah diolah lebih lanjut dan disajikan baik oleh pihak pengumpul data primer atau pihak lain misalnya dalam bentuk tabel-tabel atau diagram-diagram. Adapun data primer yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah data biaya rekrutmen, sedangkan data sekunder dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Data umum perusahaan
2. Data struktur organisasi
3. Data jumlah tenaga kerja pada bagian pengolahan
4. Data jumlah produksi perusahaan

3.7 Pengolahan Data

Pengolahan data untuk perencanaan jumlah tenaga kerja ini dilakukan dengan proses markov yang dalam penyelesaiannya dibantu dengan metode *linear programming* dengan metode simpleks. Pada tahap ini peneliti melakukan tahapan sebagai berikut:

3.7.1 Rantai Markov

Tujuan dari model perencanaan jumlah tenaga kerja dengan rantai markov ini adalah menentukan jumlah perekrutan optimal untuk bagian pengolahan yang ditemui setiap dilakukan pemeriksaan terhadap tingkat persediaan tenaga kerja pada akhir periode perencanaan. Sehingga pada periode perencanaan berikutnya jumlah persediaan tenaga kerja pada bagian pengolahan adalah optimal. Lama satu periode untuk perencanaan tenaga kerja ini adalah satu bulan.

Dalam penerapan rantai *markov* pada perencanaan jumlah tenaga kerja, tingkat persediaan tenaga kerja yang minimum selama pengamatan dianggap keadaan awal dan tingkat persediaan tenaga kerja yang maksimum adalah keadaan terakhir. Untuk keputusan yang diambil pada setiap keadaan, jumlah perekrutan tenaga kerja maksimum untuk setiap keadaan yang didapati pada akhir periode perencanaan adalah selisih antara jumlah (tingkat) persediaan tenaga kerja maksimum (keadaan terakhir) dengan tingkat persediaan tenaga kerja yang didapati pada akhir periode tersebut. Sedangkan jumlah pengurangan tenaga kerja maksimum untuk setiap keadaan yang didapati pada akhir periode perencanaan adalah selisih antara jumlah tenaga kerja minimum (keadaan awal) dengan tingkat persediaan tenaga kerja yang didapati pada akhir periode tersebut.

Keputusan perekrutan, pengurangan tenaga kerja dan tidak melakukan apapun dapat menyebabkan terjadinya backorder (hilangnya keuntungan yang disebabkan oleh kekurangan tenaga kerja), pada perencanaan jumlah tenaga kerja ini, diasumsikan backorder terjadi jika tingkat (jumlah) persediaan tenaga kerja yang ada (hasil dari keputusan) kurang dari tingkat persediaan tenaga kerja maksimum. Untuk keputusan tidak melakukan apapun (tidak melakukan perekrutan ataupun pengurangan tenaga kerja) yang didapati pada akhir periode perencanaan, untuk periode berikutnya diasumsikan tetap dapat mengalami penambahan dan pengurangan jumlah tenaga kerja karena adanya kemungkinan tenaga kerja yang mengundurkan diri, perpindahan antar bagian didalam perusahaan dan sebab lainnya.

3.7.2 Metode *linear programming*.

Metode *linear programming* memiliki langkah pengerjaan sebagai berikut:

1. Menentukan jumlah dan interval keadaan

Dalam hal ini dilakukan penentuan interval dengan persamaan sebagai berikut:

$$M = 1 + 3,3 \text{ Log } n \dots\dots\dots(3-1)$$

$$\text{Panjang interval keadaan} = \frac{X(t)_{\text{maksimum}} - X(t)_{\text{minimum}}}{S} \dots\dots\dots(3-2)$$

dimana,

M = Jumlah keadaan (states) tingkat persediaan tenaga kerja.

n = Jumlah periode data persediaan tenaga kerja

$X(t)_{\text{maksimum}}$ = Jumlah (tingkat) persediaan tenaga kerja maksimum

$X(t)_{\text{minimum}}$ = Jumlah (tingkat) persediaan jumlah tenaga kerja minimum.

S = Jumlah interval

2. Menentukan peluang peralihan

Penentuan peluang peralihan dilakukan dengan membuat matriks frekuensi, sebagai berikut:

$$P_{ij} = n_{ij} / n_i, \text{ untuk } i \geq 1, j \leq M \dots\dots\dots(3-3)$$

dengan

$$n_i = \sum_{j=1}^M n_{ij}, \text{ dan } \sum_{i=0}^M P_{ij} = 1, \text{ untuk semua } i \dots\dots\dots (3-4)$$

dimana,

P_{ij} = Peluang peralihan dari tingkat persediaan tenaga kerja i menuju tingkat kesediaan tenaga kerja j.

n_{ij} = Frekuensi peralihan dari tingkat persediaan tenaga kerja i menuju tingkat persediaan tenaga kerja j.

n_i = Jumlah total frekuensi peralihan dari tingkat persediaan tenaga kerja i.

M = Tingkat tenaga kerja maksimum.

3. Menentukan keputusan yang mungkin setiap keadaan dan biaya yang ditimbulkannya.

Setelah didapat peluang peralihan p_{ij} maka ditentukan keputusan $di = k$ yang mungkin untuk setiap tingkat persediaan tenaga kerja dengan $k = 0,1,2,\dots,K$. Dalam perencanaan jumlah tenaga kerja ini keputusan diambil bertujuan untuk menentukan jumlah tenaga kerja optimal. Keputusan yang mungkin adalah penambahan tenaga kerja, pengurangan tenaga kerja serta keputusan tidak melakukan apapun (tidak melakukan penambahan maupun pengurangan tenaga kerja).

Untuk keputusan perekrutan tenaga kerja, jumlah perekrutan yang mungkin untuk keadaan tingkat persediaan tenaga kerja (N_r) yang didapati pada akhir periode perencanaan adalah selisih tingkat persediaan tenaga kerja yang didapati tersebut dengan

tingkat persediaan tenaga kerja terdekat dan kelipatan dari nilai selisih tersebut sampai tingkat persediaan tenaga kerja maksimum tercapai. Untuk keputusan pengurangan tenaga kerja, jumlah pengurangan yang mungkin untuk keadaan tingkat persediaan tenaga kerja (N_p) yang didapati pada akhir periode perencanaan adalah selisih tingkat persediaan tenaga kerja yang didapati tersebut dengan tingkat persediaan tenaga kerja terdekat dan kelipatan dari nilai selisih tersebut sampai tingkat persediaan tenaga kerja minimum tercapai.

Setiap keputusan (penambahan, pengurangan dan tidak melakukan apapun) yang diambil pada satu keadaan tertentu menimbulkan biaya yang mempunyai nilai harapan C_{ik} . Biaya yang timbul adalah biaya rekrutmen, biaya pengurangan tenaga kerja serta biaya backorder. Jumlah kekurangan tenaga kerja (N_b) ditentukan oleh selisih tingkat persediaan tenaga kerja hasil dari keputusan tersebut dengan tingkat persediaan tenaga kerja maksimum yang ada. Untuk keadaan (*states*) dalam bentuk interval maka jumlah perekrutan, pengurangan dan kekurangan tenaga kerja didapat dari selisih nilai tenaga interval masing-masing keadaan.

Ketiga komponen biaya di atas dapat dicari dengan persamaan berikut :

- a. Biaya perekrutan tenaga kerja

$$C_{r_{ik}} = N_{r_{ik}} R \dots\dots\dots (3-5)$$

dimana:

$N_{r_{ik}}$ = jumlah perekrutan untuk pada keadaan i berdasarkan keputusan k.

R = biaya perekrutan tenaga kerja perorang/periode perencanaan

- b. Biaya *backorder* tenaga kerja

$$C_{b_{ik}} = N_{b_{ik}} B \dots\dots\dots (3-6)$$

dimana :

$N_{b_{ik}}$ = jumlah kekurangan tenaga kerja untuk keadaan i berdasarkan keputusan k.

B = biaya backorder perorang/periode perencanaan.

- c. Biaya Pengurangan Tenaga Kerja.

$$C_{p_{ik}} = N_{p_{ik}} P \dots\dots\dots (3-7)$$

dimana,

$N_{p_{ik}}$ = jumlah pengurangan tenaga kerja untuk keadaan i berdasarkan keputusan k

P = biaya pengurangan tenaga kerja per orang/periode.

Sehingga total biaya untuk setiap keputusan yang diambil pada setiap keadaan adalah

$$TC_{ik} = C_{r_{ik}} + C_{b_{ik}} \dots\dots\dots (3-8)$$

dimana :

TC_{ik} = biaya total untuk setiap keputusan k yang diambil untuk setiap keadaan i.

4. Menentukan peluang peralihan yang baru untuk setiap keputusan

Setiap keputusan yang diambil pada tingkat kesediaan tenaga kerja i menentukan peluang peralihan untuk peralihan berikutnya dari tingkat persediaan tenaga kerja i tersebut. Peluang peralihan ini dinyatakan oleh $P_{ij}(k)$ untuk $i, j = 1, 2, \dots, M$. Pada perancangan tenaga kerja ini, setiap keputusan (perekrutan atau pengurangan tenaga kerja) akan membuat suatu keadaan (tingkat persediaan tenaga kerja) lain pada periode perencanaan berikutnya dengan peluang peralihan sebagai berikut:

$$P_{ij}(k) = 1 - \sum_{j=1}^{j(k-1)} P_{ij}, \text{ untuk semua } i. \dots \dots \dots (3-9)$$

Ini berarti setelah diambil keputusan perekrutan dan pengurangan tenaga kerja, jumlah tenaga kerja masih dapat berkurang. Hal ini disebabkan oleh adanya tenaga kerja yang berhenti atau mengundurkan diri. Untuk keputusan tidak melakukan apapun, keadaan (tingkat persediaan tenaga kerja) yang didapati pada akhir periode dapat bertambah maupun berkurang menuju tingkat persediaan tenaga kerja lain pada periode berikutnya dengan peluang peralihan awal yang didapat dari persamaan (4-3)

$$P_{ij}(K) = P_{ij}, \text{ untuk semua } i \text{ dan } j \dots \dots \dots (3-10)$$

5. Menentukan fungsi tujuan untuk persamaan *linier programming*

Dalam perencanaan jumlah tenaga kerja ini, tujuan yang ingin dicapai adalah meminimalkan biaya tenaga kerja harapan rata-rata jangka panjang pada periode perencanaan tenaga kerja yang terdiri dari biaya rekrutmen, biaya backorder, dan biaya pengurangan tenaga kerja. dimana perumusan biaya- biaya tersebut dapat dilihat pada persamaan (3-5)(3-6)(3-7)dan(3-8) dari persamaan- persamaan biaya tersebut dapat dirumuskan fungsi tujuan yang akan dicapai yaitu

$$\text{Minimasi } TC = \sum_{i=1}^M \sum_{k=0}^K TC_{ik} y_{ik} \dots \dots \dots (3-11)$$

6. Menentukan batasan untuk persamaan *linier programming*.

Batasan yang berlaku pada y_{ik} dalam model *linier programming* perancangan jumlah tenaga kerja ini adalah

$$1. \sum_{i=1}^M \sum_{k=0}^K y_{ik} = 1 \dots\dots\dots(3-12)$$

$$2. \sum_{k=0}^K y_{ik} - \sum_{i=1}^M \sum_{k=0}^K y_{ik} P_{ij}(k) = 0 \text{ untuk } j = 1, 2, \dots, M \dots\dots\dots(3-13)$$

$$3. 0 \leq y_{ik} \leq 1, \text{ untuk } i = 1, 2, \dots, M \text{ dan } k = 0, 1, 2, \dots, K \dots\dots\dots(3-14)$$

dimana :

y_{ik} = peluang tidak bersyarat keadaan tetap bahawa sistem akan berada pada tingkat tenaga kerja i dan keputusan k diambil.

y_{jk} = peluang tidak bersyarat keadaan tetap bahawa sistem akan berada pada tingkat persediaan tenaga kerja j dan keputusan k diambil.

$p_{ij}(k)$ = peluang peralihan baru dari keadaan i menuju keadaan j berdasarkan keputusan k.

7. Menentukan keputusan optimal

Setelah variabel y_{ik} didapat dengan menyelesaikan fungsi tujuan dan batasan diatas, maka nilai D_{ik} (peluang untuk memilih keputusan k sebagai keputusan ketika sistem berada pada tingkat kesediaan tenaga kerja i) dapat ditentukan dengan persamaan :

$$D_{ik} = \frac{y_{ik}}{\pi_i} = \frac{y_{ik}}{\sum_{k=0}^K y_{ik}} \dots\dots\dots(3-15)$$

3.8 Melakukan Analisa dari Hasil Perhitungan

Setelah pengolahan data selesai dilakukan, maka tahap berikutnya adalah dilakukan analisa jumlah tenaga kerja yang optimal dan biaya yang ditimbulkan.

3.9 Pengambilan Kesimpulan dan Saran

Pada tahap ini akan dibahas kesimpulan jumlah tenaga kerja yang optimal dan biaya yang ditimbulkan.

BAB IV

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 Gambaran Umum Perusahaan

PT. Tasma puja (PKS Sei Kuamang) merupakan suatu perusahaan swasta yang bergerak dibidang Perkebunan dan pengolahan kelapa sawit, yang berlokasi di desa Kampar, kecamatan Kampar timur, kabupaten Kampar Propinsi Riau yang didirikan pada tanggal 5 Agustus 1992. PT. Tasma puja berkantor pusat di Jakarta, salah satu kantor cabangnya di jalan Ahmad Yani no. 116 Pekanbaru. Di dalam melakukan aktivitasnya perusahaan ini mempunyai areal kebun yang terbagi dalam dua areal kebun. Areal kebun pertama adalah milik perusahaan dengan luas kebun 3000 Ha, sedangkan area kedua adalah plasma milik masyarakat dengan luas areal kebun 1000 Ha.

Dalam melaksanakan kegiatan operasinya, PT. Tasma puja menggunakan tenaga kerja tetap dengan jumlah tenaga kerja 152 orang, yang terdiri dari bagian pengolahan berjumlah 96 orang. Pada bagian pengolahan ini tenaga kerjanya terbagi atas tiga *shift*, setiap *shift* nya terdiri dari 32 orang. Sedangkan pada bagian administrasi berjumlah 10 orang, dan 29 orang yang bekerja pada bagian *workshop*, serta 17 orang pada bagian keamanan.

4.1.1 Tinjauan Terhadap Bahan Baku

Sejak dahulu kala minyak sawit telah digunakan sebagai bahan makanan dan pada waktu itu pengolahannya dilakukan dengan cara yang sangat sederhana. Tandan buah dari pohon sawit yang tumbuh liar direbus, diperas, dan minyaknya yang terapung dipermukaan dikutip.

Sesuai dengan kemajuan teknologi dan adanya kenaikan kebutuhan bahan lemak di dunia serta bertambah luasnya penanaman kelapa sawit, maka pada saat ini telah dicapai sistem dan cara-cara pengolahan yang lebih ekonomis.

Dari hasil persilangan tanaman telah diperoleh kelapa sawit jenis TENERA yang menghasilkan buah lebih unggul. Untuk mendapatkan hasil pengolahan yang tinggi mutunya, maka cara panen buah sawit (Tandan Buah Segar = TBS) harus dilakukan menurut cara-cara yang telah ditentukan dengan ketentuan sebagai berikut:

- a. Jumlah brondolan min 9,5 % dari berat TBS seluruhnya.

- b. Tandan fraksi 2 dan 3 minimal 65 % jumlah TBS.
- c. Tandan fraksi 1 max 20 % dari jumlah Tandan
- d. Tandan fraksi 4 dan 5 max 12 % dari jumlah tandan
- e. Buah sangat mentah (fraksi 00) tidak boleh ada
- f. Buah mentah (fraksi 0) mak 3 % dari jumlah tandan
- g. Tandan kosong / buah busuk tidak boleh ada
- h. Angka nilai panen min 85 %
- i. I.P.B (Indeks Pengutipan Brondolan) min 0,80

Derajat kematangan

- a. Fraksi 00 = Sangat mentah, tidak ada buah yang memberondol
- b. Fraksi 0 = Mentah, Buah bagian luar ada yang memberondol 1 butir sampai dengan 12,5 %
- c. Fraksi 1 = Kurang matang, 12,5 % - 25 % buah luar memberondol
- d. Fraksi 2 = Matang 1,25 % - 50 % buah luar memberondol
- e. Fraksi 3 = Matang 2,50 % - 75 % buah luar memberondol
- f. Fraksi 4 = Lewat Matang 75% - 100 % buah luar memberondol
- g. Fraksi 5 = Lalai panen, buah bagian dalam ada yang memberondol.

4.1.2 Pengangkutan Tandan ke Pabrik

Buah sawit mengandung enzim yang aktif sebagai katalisator dalam membentuk Asam Lemak Bebas (ALB) dan menjadi bagian dari batasan penentuan kualitas. Semakin rusak buah sawit karena luka maka semakin cepat kenaikan kadar ALB.

Untuk mendapatkan minyak sawit dengan kadar Asam Lemak Bebas (ALB) yang rendah (mutu yang baik), maka tandan buah sawit yang telah masak harus diperlakukan dengan hati-hati dan segera dikirim ke pabrik dengan sasaran panen hari ini harus habis diolah hari ini. Oleh karena itu sarana jalan perlu mendapat perhatian termasuk kendaraan yang layak agar TBS tidak menginap karena kerusakan jalan atau kendaraan.

Pengolahan tandan sawit yang telah dipanen adalah sebagai berikut :

- a. Pengangkutan tandan dari kebun ke pabrik
- b. Merebus tandan sawit
- c. Melapas buah sawit dari tandan
- d. Mangaduk dan mengempah buah sawit
- e. Penjerniahan minyak sawit
- f. Pemisahan serabut dan biji sawit
- g. Memecah biji sawit dan memisahkan cangkang dari inti sawit.

4.1.3 Sasaran Pengolahan TBS

Sasaran yang akan diperoleh ialah menghasilkan minyak sawit dan inti sawit yang terkandung dalam tandan buah segar, akan tetapi tidak mungkin dapat dikutip 100 %, maka yang tidak dikutip disebut angka kehilangan minyak sawit dan inti sawit.

Randeman adalah perbandingan hasil minyak (CPO = Crude Palm Oil) atau inti sawit (PK = Plam Kernel) dengan TBS yang diolah misalnya sebagai berikut :

Rendeman minyak berkisar = 20 – 23 %

Rendeman inti berkisar = 4 – 6 %

4.1.4 Alat Pengolahan TBS

1. Weight Bridge (Jembatan Timbang)

Tandan buah segar yang diterima dipabrik ditimbang melalui jembatan timbang yang dipasang sedemikian, sehingga lebih mudah operasinya. Berat kotor kendaraan termasuk TBS, berat kendaraan (tanpa supir dan kenek serta benda-benda lain) ditimbang. Setelah TBS dibongkar, maka kendaraan tersebut ditimbang lagi sehingga dapat diketahui berat TBS yang diangkut, (tentu tanpa supir dan kenek serta benda-benda lain). Dengan berkembangnya teknologi maka jembatan timbang dapat dilengkapi dengan computer sehingga semua barang yang ditimbang dapat direkam sekaligus dapat membuat pencatatan pergudangan.

2. Bongkaran Tandan (loading Ramp)

Pengangkutan tandan dilakukan dengan truk yang mempunyai bak curah ketempat bongkaran tandan selanjutnya tandan buah diisikan kedalam lori keranjang rebusan atau *loading and storage ramp*. Setiap *bays* dari *loading ramp* dapat menampung TBS sebanyak 8 ton. Sehingga kendaraan dapat segera membongkar muatannya dan persediaan TBS menunggu untuk diolah. Di dalam *bays*, TBS dibersihkan dari pasir dan kotoran lainnya dengan cara menyiramkan air dari atas. Cara ini dilakukan untuk menjaga mutu dan mengurangi keausan alat-alat pengolahan. Setelah bersih, TBS dimasukkan ke dalam lori-lori rebusan berkapasitas 2,5 Ton TBS.

Pengenalan Konstruksi

- a. Penimbunan tandan (*Loading Ramp*) merupakan tempat penimbunan sementara tandan sawit, terdiri dari bangunan konstruksi memanjang dengan lantai dasar berbentuk miring.
- b. Konstruksi memanjang terdiri dari beberapa pintu pengeluaran tandan sawit yang lebarnya harus sama panjang dengan lori buah sawit dan panjang jarak tiap pintunya harus sama dengan jarak antara dua buah lori rebusan yang digandengkan.
- c. Dasar lantainya dibuat miring dengan sudut diantara $22-27^0$ yaitu agar tandan sawit yang ditimbun melorot akibat beban beratnya sendiri.
- d. Lantainya yang berposisi terbuat dari besi T atau besi rel terbalik dipasang berjejer dengan jarak celah renggangnya sekitar 10-15 mm, agar kotoran tandan sawit berupa pasir, tanah, bunga tandan dan putik buah yang terbawa dari kebun ke pabrik dapat lolos jatuh kebawah melalui celah renggang kisi roster, sehingga tandan yang diluncurkan masuk ke lori untuk diolah merupakan tandan buah segar yang bersih dan bebas dari tanah, pasir dan kotoran lainnya.
- e. Pintunya didinding bagian lantai bawah, disaat menutup merupakan dinding penahan dan disaat membuka merupakan pintu tempat keluarnya tandan sawit tercurah kelori.
- f. Pintu *loading ramp* di PKS Sei. Kuamang- PT.Tasamapuja ialah pintu sorong dengan mekanik penggerak system *hydraulic*, dimana tenaga *hydraulic* diperoleh dari motor *hydraulic* daya 5,5 Kw.

3. Lori Rebusan

Lori rebusan adalah jenis terpadu antara bayangan beroda dengan *ralico bushing* tanpa pelumasan, dilengkapi keranjang besi *pellet* yang dilas menyatu. Kapasitas lori rebusan 3,5 ton TBS yang diisi dari *loading ramp* dengan syarat-syarat sebagai berikut :

- a. Apabila lori rebusan tidak terisi penuh maka akan terjadi kapasitas PKS akan menurun dan akan terjadi pemborosan pemakaian uap.
- b. Apabila lori rebusan terlalu tinggi (kepenuhan) maka TBS akan menyentuh dinding bagian atas drum rebusan dan daging buah akan melekat sehingga menimbulkan korosi karena buah tersebut mengandung Asam Lemak Bebas (ALB)

Pergerakan maju mundur lori ditarik/didorong oleh *winch* dengan kabel baja atau *capstant* dengan tali manila atau *Fibre rope*.

4. Pemindahan Lori (*Transfer Car*)

Transfer Car merupakan kendaraan yang ditempatkan diatas sepasang rel, dapat digerakkan maju mundur oleh *Hydro Motor* dengan muatan 3 unit keranjang lori berisi rata-rata 3,5 ton TBS dan dapat diatur kecepatannya 12,5 m/menit sampai 0,5 m/menit.

Transfer car tersebut berfungsi menerima muatan 3 unit keranjang lori yang berasal dari *loading ramp* untuk dipindahkan kejalur rel yang mengarah kesalah satu ketel rebusan. Pergerakan *transfer car* dan pemindahan lori ke *transfer car* dilakukan oleh motor *hydraulic*.

5. *Winch* dan *Bollard*

Winch adalah alat penarik lori rebusan yang digerakkan oleh tenaga listrik, sedangkan *bollard* adalah rel penuntun posisi lori rebusan. Daya untuk *winch* adalah 22 Kw untuk menarik lori keluar dari rebusan yang sudah masuk sekaligus menggandeng deretan lori berisi TBS mentah. Daya tarik *winch* yang lain adalah 18 Kw untuk menarik barisan lori berisi TBS mentah kedepan rebusan.

Peralatan *winch* adalah kabel baja 3/4 dan dilayani secara manual untuk memindahkan posisi kabel ke lori yang akan ditarik. Apabila kabel baja ada kawatnya yang putus maka segera diganti kerana dapat menimbulkan kecelakaan apabila putus

tiba-tiba. Menarik atau mendorong lori rebusan tidak dianjurkan untuk dilakukan dengan alat berat tetapi harus dibiasakan menggunakan *winch*.

6. Kran Angkat (Hoisting Crane)

Fungsi pokok kran angkat yaitu untuk melayani pengangkatan lori isi buah sawit yang sudah masak direbus dari rel didepan rebusan dilantai pabrik untuk dipindahkan/dicurahkan isi buah sawitnya kepenampungan tandan yang berada dibordes atas untuk diproses lebih lanjut. Setelah itu menurunkan kembali lori kosong yang sudah diluncurkan isi buah sawitnya ke atas pengumpulan tandan, dipindahkan dan diturunkan ke rel dilantai pabrik.

Fungsi tambahan kran angkat yaitu adakalanya untuk melayani barang berat yang harus diangkat atau di naikan kekendaraan angkutan, untuk membalik posisi duduknya suatu barang berat atau menurunkan barang berat dari kendaraan angkutan lalu diturunkan ke alat transportasi. Dalam melakukan fungsi tambahan tersebut dapat terjadi kecelakaan, kerusakan dan malapetaka yang lain apabila pelaksanaannya kurang hati-hati, kurang pengawasan atau tidak menguasai keadaan atau persoalan teknis, maka sebaiknya tidak dibenarkan menggunakan kran angkat untuk keperluan yang lain.

Kran angkat merupakan suatu alat angkat dan geser, dipasang menggantung pada roda-roda yang dipasang menghimpit badan besi *balk* INP 450. dimana roda-roda tersebut bergerak oleh motor listrik sehingga dapat berjalan maju mundur sepanjang besi *balk*. Selain motor listrik untuk bergerak maju mundur maka kran angkat juga mempunyai motor listrik untuk bergerak angkat atau turun dan motor listrik untuk gerak memutar atau membalik lori rebusan.

Alat bantu untuk mengangkat atau menurunkan menggunakan kabel baja lilit ukuran diameter 1/2 - 5/8 dan alat bantu untuk bergerak memutar atau membalik lori menggunakan kalung rantai kapal. Kran angkat ini sanggup mengangkat beban mencapai berat 65 ton.

4.2 Proses Produksi CPO dan Inti Sawit Pada PKS Sei. Kuamang – PT. Tasma Puja.

4.2.1 Proses Perbusan/Sterilizer

1. Ketel Rebusan

Katel rebusan (*sterilizer*) merupakan bejana silinder memanjang dengan penutup kedap udara, kegunaannya untuk merebus buah atau tandan sawit. Konstruksinya terbuat dari bahan pelat baja ketel dengan tebal 15,55 mm yang berbentuk silinder yang berjumlah 3 buah dengan ukuran diameter luarnya 2.700 mm, ukuran panjangnya 22.600 mm, dengan muatan katel berisi 9 lori yang setiap lorinya bermuatan 3,5 Ton TBS, sistem perebusan sistem 3 puncak, pangatur tombol secara otomatis, dan lama perebusan dapat diprogram sesuai dengan rencana.

2. Saringan Penyerap Uap

Dibagian dalam rebusan sebelah atas dipasang saringan penyerap uap terbuat dari besi pelat berlubang-lubang dan dipasang pada amper $\frac{4}{5}$ panjang rebusan. Tujuannya adalah agar masuknya uap kedalam rebusan dapat terus menyebar merata sepanjang rebusan, sehingga perebusan buah dapat terlaksana sempurna keseluruhan isi rebusan.

3. Saringan air kondensat

Pada sebelah bawah tepat pada lubang pipa pengeluaran air kondensat, dipasang saringan yang terbuat dari besi pelat untuk menghindarkan brondolan buah dan kotoran terbawa masuk kepipa buangan kondensat yang akan menyebabkan pipinya menjadi tersumbat.

4. Rel rebusan

Pada sebelah dalam bagian bawah dipasang rel sepanjang rebusan sebagai tempat lori-lori buah yang berisi buah sawit untuk direbus.

5. Pintu Rebusan

Tiap rebusan dilengkapi dengan pintu kembar (muka dan belakang). Model pintu cepat dibuka dan cepat ditutup dan dalam keadaan menutup sangat rapat, kedap air dan kedap udara sampai dengan tekanan kerja $3,5\text{kg/cm}^2$.

6. Pengaman Pintu Rebusan

Bejana rebusan bekerja dengan sarana/menggunakan uap bertekanan sampai dengan $3,5\text{ kg/cm}$, karena bekerja direbusan walaupun bentuknya sederhana, harus

dilakukan dengan hati-hati untuk menghindarkan terjadinya malapetaka. Bahaya yang sering terjadi bukanlah dikarenakan bejana rebusan meledak tetapi adalah disebabkan karena pintu rebusan mendadak terbuka sebagai akibat kecerobohan para petugas waktu mengunci tidak sempurna.

Pengaman pintu rebusan

a. Kunci Pengaman Pertama

Pintu rebusan hanya dapat dibuka dan ditutup dengan diputar oleh mekanisme roda gigi dan pelaksanaan memutarnya tidak mudah. Setelah pintu rebusan ditutup rapat dengan diputar oleh mekanisme roda gigi ada lagi pengaman jenis tuas yang menahan pintu rebusan sehingga tidak dapat berputar ke arah putaran untuk membuka (tanpa pengaman tuas itu diangkat)

b. Kunci Pengaman Kedua

Rebusan dilengkapi kran kontrol tekanan uap yang handle pembuka dan penutupnya dibuat merupakan juga sebagai penjamin bahwa pengaman pintu berbentuk tuas tidak dapat diputar ke arah posisi pintu rebusan dapat dibuka. Selanjutnya kran kontrol tekanan uap yang posisi terbuka (dalam langkah kerja pertama dalam persiapan akan membuka pintu rebusan) memberikan juga tanda bahwa selama masih menyemburkan uap dengan tekanan aktif, maka pintu rebusan belum dibenarkan untuk dibuka.

Fungsi Perebusan

a. Fungsi Utama Perebusan

1. Untuk menghentikan aktifitas enzim

Enzim dan oksidasi buah sawit setelah dipanen akan tetap aktif sebelum enzim tersebut dimatikan. Enzim dapat merupakan katalisator dalam pembentukan asam lemak bebas selama terjadi oksidasi. Aktifitas enzim akan berhenti jika diberikan suhu dengan temperatur minimum 55 °C sehingga mematikan aktifitas seluruh enzim.

2. Untuk mempermudah pelepasan buah dari tandan pada proses di penebah.

Didalam rebusan, uap dengan tekanan sampai dengan 3,5 kg/cm akan meresap kedalam buah. Tetapi karena keadaan buah lepas/mamberondol dari tandan.

b. Fungsi Tambahan dari Proses Perebusan

1. Untuk melumatkan buah sehingga antara serat buah dan biji sawit dapat dengan mudah dipisahkan pada proses pelumatan di bejana pengaduk. Pelumatan buah terjadi akibat temperatur dan tekanan dalam proses perebusan, sehingga menjadikan sifat serat mudah lepas satu dan lainnya.
2. Untuk melonggarkan ikatan serat daging buah sawit agar sel-sel minyak lebih mudah dapat dipecahkan sehingga sel-sel dapat bersatu dan mempunyai viskositas yang rendah. Sehingga mempermudah pengeluaran minyak dalam proses di kempa ulir maupun pemisahan sel-sel minyak dalam proses permurnian minyak.
3. Menghilangkan atau mengurangi air dalam buah sawit, yaitu melalui penguapan yang baik dalam perebusan dan pada saat transformasi sampai ke mesin penebah tandan.
4. Sebagai perlakuan pendahuluan terhadap biji sawit untuk mempermudah proses selanjutnya dipecahkan biji karena kadar airnya sudah berkurang dan seratnya sudah terlepas.

Sasaran Langkah Kerja Perebusan

1. Pembuangan Udara (deaerasi)

Sebelum perebusan dimulai, bejana rebusan berisi penuh dengan udara. Udara merupakan penghantar panas yang jelek, apabila udara tidak dibuang maka pemindahan panas dari uap kepada buah sawit akan kurang sempurna (tidak akan masuk sampai kepada buah bagian dalam tandan) sehingga tujuan rebusan tidak tercapai.

Karena itu pada tahapan pertama udara yang berada dalam rebusan harus dikeluarkan, cara pengeluarannya harus dilakukan dengan cara perlahan yaitu dengan cara :

- a. Secara penyapuan (*Sweeping*) yaitu yang dilakukan pada perebusan biasa
- b. Secara penyemburan (*diffusion*) yaitu dengan penghembusan uap keluar.

2. Pembuangan Uap Secara Menyapu

Uap diketahui lebih ringan dari udara dan disebabkan didalam bejana rebusan ada udara, maka uap yang dimasukkan akan menyapu udara turun kebawah dan

menekan udara tersebut keluar melalui kran deaerasi yang terbuka. Gerakan sapuan selalu tetap dikontrol agar gerakkan turbulansi terjadi sekecil mungkin.

Bila terjadi turbulansi yang besar maka udara dan uap akan bercampur, sehingga kantong-kantong udara masing tertinggal didalam rebusan menyebabkan suhu perebusan rendah. Agar turbulansi sekecil mungkin maka pemasukan uap kedalam rebusan harus cepat dan singkat.

3. Pembuangan Udara Pada Perebusan 3 (tiga) puncak

Pada pembuangan udara proses perebusan 3(tiga) puncak didasarkan kepada hukum *Dalton*. Uap dimasukkan kedalam rebusan secepat mungkin untuk menghasilkan turbulansi sedemikian rupa sehingga pencampuran udara uap terjadi. Selanjutnya campuran udara dan uap tersebut dibuang secepatnya melalui kran buang uap, kran deaerasi dan kran kondensat. pemasukan uap kedalam rebusan dan pembuangannya keluar dilakukan dua kali yaitu pada saat puncak pertama dan pada saat puncak kedua dengan selang waktu kira-kira 15 s/d 20 menit.

4. Pembuangan Air *Kondensate*

Uap air yang *kondensate* berada dibagian dasar rebusan juga merupakan penghambat proses perebusan karena air *kondensate* akan mengadopsi panas yang diberikan uap dan menjadikan sejumlah air yang akan menghambat tercapainya tekanan puncak yang diperlukan.

Jumlah air *kondensate* diperkirakan mencapai lebih dari 10% dari TBS yang direbus sehingga (ada yang melakukan) pembuangan *air kondensate* dilakukan beberapa kali.

Pembuangan air *kondensate* termasuk penting dilakukan karena:

- a. Genangan air *kondensate* akan menimbulkan korosi terhadap pelat rebusan dan akan merusak metalan roda-roda lori
- b. Jika jumlah air *kondensate* banyak sampai merendam buah dalam lori, maka akan terjadi seperti membilas sehingga menarik minyak keluar dari buah.
- c. Minyak yang terbilas keluar dari buah mempunyai kadar ALB tinggi dan sangat korosip, akan menyebabkan besi pelat rebusan akan cepat berkarat dan keropos.
- d. Pada akhir perebusan air *kondensate* akan menyembur keluar melalui pintu rebusan sewaktu dibuka, mengakibatkan waktu pembuangan menjadi

bertambah lama, bahkan memungkinkan terjadinya kecelakaan, karena keluarnya air *kondensate* terjadi semburan sewaktu membuka pintu.

5. Menaikkan Tekanan Uap

Menaikkan tekanan kerja uap didalam rebusan sampai dengan $2,8 \text{ kg/cm}^2$, lama waktunya akan bergantung kepada kondisi *supply* dan persediaan uap di bejana tekanan lawan serta juga kondisi uap di ketel uap. Dari pengalaman dalam praktek yang sudah dilakukan di beberapa pabrik, lama waktu untuk menaikkan uap sampai dengan tekanan $2,8 \text{ kg/cm}^2$ dicapai sekitar $\pm 8 - 10$ menit (yang merupakan lama waktu yang tertinggi).

6. Tahapan Tekanan Tetap (Konstan)

Pada pelaksanaan tahapan tekanan tetap diperlukan suatu seni dalam mengatur besarnya aliran uap agar dapat dipertahankan kondisi tekanan menetap (tidak menurun ataupun meningkat).

7. Pembuangan Uap (*Blow Off*)

Pembuangan air termasuk penting karena merupakan bagian yang tidak produktif. Pada perebusan sistem banyak puncak pembuangan air ini terlaksana bersamaan dengan membuang uap (*blow off*) pada puncak pertama dan puncak kedua dan sebelum pembuangan puncak terakhir (*blow off*), pelaksanaan pembuangan air melalui kran *kondensate* dilakukan lebih dahulu agar air dalam perebusan tidak banyak lagi dan kemudian barulah pembuangan uap terakhir (*blow off*) dilakukan secara normal.

Pembuangan uap terakhir akan sempurna dengan secepat mungkin terbukanya kran buang uap, waktu tercepat pembuangan uap seluruhnya diperhitungkan berlangsung dalam waktu ± 4 menit.

4.2.2 Proses Melepaskan Buah Sawit dari Tandan/Thresher

Penebah adalah proses yang segera menyusul setelah proses perebusan dan bertujuan untuk melepaskan/memisahkan atau mengeluarkan semua berondolan dari tandannya. Pengolahan tandan buah pada mesin penebah akan lebih baik apabila tandan buah mempunyai diameter yang tidak besar variasinya disamping pengisian secara kontiniu sesuai dengan kapasitas penebah.

Bagian dari peralatan atau komponen mesin-mesin penebah adalah

a. *Fruit hopper* (Penampungan buah)

Merupakan sarana penampungan buah rebus dari lori yang dituang oleh *hoisting crane*

b. Auto feeder

Merupakan conveyor (pembawa) buah, yang kecepatannya dapat distel (putaran *gear* motor 0-12 rpm). Buah yang dibawa oleh *fruit bunch conveyor* ini adalah untuk umpan (dimasukkan ke tromol penebah) melalui corong pembagi.

c. *Electro* motor

Yang dimaksud dengan *electro* motor adalah untuk pemutar tromol penebah (11 – 15 Kw).

d. Gearbox

Berfungsi menurunkan putaran *electro* motor dari 1440 -1500 rpm menjadi sekitar 23 – 24 rpm.

e. Tromol penebah

Merupakan suatu silinder dengan panjang 6000 mm diameter 2320 mm dengan as memanjang yang dipegang oleh jari-jari sepanjang sekeliling silinder dipasang besi INP atau besi plat *ship* dengan celah ± 50 mm untuk mengeluarkan berondolan.

Cara Kerja Thresher

Tandan buah yang sudah direbus didalam lori diangkat dengan *hoisting crane* dan dituang diatas *feeder* dari penebah dan masuk kedalam tromol. Tandan buah akan turut berputar melekat pada dinding tromol searah dengan putarannya karena gaya *centrifugal* untuk kemudian lepas dari dinding tromol kerana pengaruh gaya gravitasi dan jatuh kebagian bawah dari tromol.

Demikian berulang-ulang kali tandan buah selama penembahan terangkat jatuh, sehingga berondolan akan lepas dari tandan kosongnya lalu keluar melalui celah-celah badan tromol. Tandan kosong akan didorong oleh plat pendorong yang dipasang sedemikian rupa dan keluar dari tromol jatuh ke tangga berjalan (*scraper bar conveyor*) dan akan dibawa kemesin pengolahan limbah. Pelepasan berondolan dari tandannya disebabkan oleh bantingan-bantingan yang alami oleh tandan-tandan dalam tromol yang berputar sehingga berondolannya berlepasan dari tandan.

Putaran tromol harus ditentukan secara *rational* untuk mencapai efek penebah yang optimal. Tandan-tandan buah yang sedang ditebah tidak boleh hanya berguling-guling pada bagian bawah dari dinding tromol, tetapi juga tidak boleh tetap ikut melekat pada dinding penebah yang berputar. Kecepatan putar harus sedemikian rupa sehingga praktis semua tandan yang ditebah berulang kali terangkat setinggi mungkin pada dinding tromol untuk kemudian jatuh. Dengan hempasan-hempasan itulah diharapkan penebah berhasil dengan baik.

4.2.3 Proses Pengadukan dan Pengempahan Buah Sawit

1. Bejana Pengaduk

Fungsi bejana pengaduk adalah untuk melumatkan secara terpadu buah-buah sawit yang akan diolah. Pelumatan dilakukan dengan diaduk didalam suatu bejana silinder tegak oleh pisau-pisau adukan dalam kondisi suhu panas rendah. Terjadinya pelumatan buah-buah sawit akibat gesekan.

2. Kempa Ulir (Screw Press)

Fungsi kempa ulir adalah untuk mengempa (memeras) massa adukan buah sawit yang sudah dilumatkan di bejana pengaduk yaitu untuk mengeluarkan minyak dari serat-serat daging buah dengan angka kehilangan minyak dalam serabut terbatas dan biji inti sawit sedikit mungkin yang pecah. Pengempaan dilakukan pada alat kempa ulir ganda kontinu (*Continuous double screw press*)

Bentuk fisik kempa ulir berupa 2 batang ulir dengan arah putaran ulir berlawanan berada dalam 2 buah tabung saringan yang dipasang berdampingan didalam satu unit tabung saringan. Pada ujung tabung saringan ampas kempa keluar, dipasang sebuah konus yang dapat disetel maju mundur jarak renggangnya dari ujung tabung saringan, diatur oleh tekanan *hydraulic* yaitu untuk menatur berapa besar tekanan pengempaan yang dikeluarkan.

Langkah kerjanya

- a. massa adukan yang didorong keluar dari bejana pengaduk oleh pisau-pisau bawah melalui talang dimasukkan dengan tekanan kedalam kempa ulir, selanjutnya sehubungan dengan putaran ulir kempa yang berlawanan arah, membawa massa adukan bergerak maju kearah ujung depan kempa ulir.

- b. Pada sebelah ujung luar silinder *press* dipasang konus dengan tekanan lawan tertentu, maka terjadi pengempaan terhadap massa adukan yang didorong keluar dalam silinder *press*, menjadikan butir-butir minyak keluar terpisah dari *press cake*.
- c. Cairan minyak hasil pengempaan keluar dari *silinder press* melalui lubang-lubang *perforasi silinder press*.
- d. Minyak yang keluar dari *silinder press* disalurkan ke talang minyak melalui bagian bawah kempa ulir. Sedangkan serabut dan biji sawit terus didotong keluar ke bagian ujung silinder *press* dan selanjutnya sicurahkan ke luar ampas kempa.

4.2.4 Proses Penjernihan dan Pemurnian Minyak Sawit/Klarifikasi

Fungsi Klarifikasi

- a. Untuk pengolahan minyak mentah menjadi minyak kualitas *export* dengan cara pengendapan alami bagian dedaknya, pemisahan bagian airnya secara mekanis dengan cara *sentrifus* dan pengambilan molekul air secara penguapan pada ruangan hampa.
- b. Klarifikasi terjadi melalui rangkaian yang panjang. Diawali dari minyak mentah hasil pengempaan kempa ulir sampai akhirnya diperoleh hasil minyak sesuai dengan kualitas *export*.

Langkah Proses Klarifikasi

a. Talang Minyak

Minyak mentah hasil pengempaan kempa ulir melalui talang minyak mengalir atas dasar gravitasi dituangkan ke penangkap pasir. Talang minyak merupakan talang biasa yang dibuat dari *stainless steel* yang bertujuan agar tidak terjadi kontaminasi oleh zat besi maupun efek korosip lainnya.

b. Penangkap Pasir

Pada penangkap pasir (*sand trap tank*), kandungan pasir dan butir-butir dedak atas dasar perbedaan berat jenis akan tenggelam ke dasar tangki dan mengendap. Proses tenggelamnya pasir dan butir-butir dedak di penangkap pasir lebih dipermudah, karena cairan masuk ke tangki dengan cara dijatuhkan (air terjun) dan untuk mengalir kelubang pengeluaran harus melalui bagian bawah tangki yang

berbentuk kerucut dan ada pelat berlubang sekat setengah tinggi tangki. Pasir dan butir-butir dedak yang mengendap didasar penangkap pasir, dikuras 1 x setengah jam. Dari penangkapan pasir cairan dialirkan kesaringan getar minyak.

Penangkap pasir merupakan tangki bulat terbuka dengan dasar bentuk kerucut terbalik. Ukuran pokok diameter 1,5 m x tinggi 3 m. Pada bagian tengah sepanjang tinggi tangki dipasang pelat sekat dengan diberi lubang-lubang sebagai pelat pemisah antara ruang cairan masuk dan cairan keluar dan memaksa cairan mengalir ke ruang pengeluaran melalui bagian bawah tangki.

c. Saringan Getar Minyak (*Vibro*)

Pada saringan getar kandungan serabut halus dan dedak yang bergumpal dipisahkan dengan cara penyaringan dengan menggunakan saringan kawat. Ukuran 20, 40, atau 50 mesh/inchi. Proses penyaringan terjadi disebabkan saringan kawat tetap bergetar dilengkapi es eksentrik. Bagian serabut halus dan dedak yang bergumpal yang tidak tersaring disalurkan jatuh ke ularan buah melintang bawah untuk selanjutnya diolah ulang kembali. Bagian cairan mentah yang lolos melalui saringan kawat bawah dan terus tercurah ke tangki minyak mentah.

d. Bak Minyak Mentah

Pada bak minyak mentah cairan dipanaskan dengan *injeksi* uap didalam kondisi cairan menggelegak, cairan bagian bawah yang berat dayanya lebih ringan akan melayang naik ke permukaan cairan. Selanjutnya meluap atau mengalir ke tangki bagian cairan minyak dan dari tangki bagian minyak, cairan dipompakan kemudian dikirim ke *Precleaner*. Bagian kotoran berupa dedak halus yang mengendap dibuang (dikuras) 1 x seminggu.

Pada ruangan kedua tempat minyak akan dikirimkan dengan cara dipompa, dipasang pemanas dan saluran pipa hisapan pompa dikurangi dengan saringan dari pelat yang diberi lubang-lubang kecil agar kotoran tidak terhisap pompa dan terbawa ke tangki pemisah.

e. Desanding Siklun

Pada *desanding siklun* padatan dipisahkan dari cairan *sludge* atas dasar perbedaan berat jenis massa dan daya pusaran *sentrifugal* yang tinggi. Bagian padatan pasir akan keluar dari ujung terompet *desanding siklun*, seterusnya dialirkan melalui

parit ke bak *fat-fit*, sedangkan bagian cairan *sludge* ke luar menurut arah gaya *sentrifugalnya* dan seterusnya dialirkan ke tangki tunggu umpan *sludge* separator. *Desanding sirkum* merupakan suatu siklus kecil dari bahan keramik ke arah aksialnya dipasang kerucut panjang menyerupai terompet. Perlengkapan satu unit kompresor untuk mengatur pembukaan pembilasan dengan tekanan.

f. Tangki Pemisah

Masuknya cairan ke tangki pemisah dipasang pemanas uap sistem *injeksi* yang membuat cairan bergejolak, ikatan persenyawaan minyak dan air terpecah, melayang menuju ke bagian tangki. Sedangkan bagian *sludge* tenggelam ke dasar tangki. Bagian yang pekat (*sludge*) dengan melalui saluran tersendiri yang dipasang tegak, naik ke atas dan selanjutnya keluar melalui saluran yang disediakan mengalir masuk ke tangki *sludge*.

Pada bagian tangki pemisah dipasang pemanas uap sistem *injeksi*, untuk memanaskan cairan sampai sekitar 90-95⁰ C, dimana pada temperature tersebut cairan minyak yang Berat dayanya lebih ringan dari air akan melayang ke permukaan cairan dan selanjutnya dengan melalui corong tersebut masuk ke tangki minyak.

Tangki pemisah minyak merupakan tangki bulat terbuka dengan dasarnya berbentuk kerucut terbalik. Ukuran pakok diameter 4,15 x 4,70 m, pipa cairan masuk diteruskan sampai ke dasar tangki dimana pada dasar tangki dipasang pemanas uap sistem *injeksi* untuk menjadikan cairan menggelegak, selanjutnya bagian cairan minyak melayang ke atas dan dedak lumpurnya turun kebawah. Disebelah dinding tangki di pasang pipa sampai ke dasar tangki untuk mengeluarkan dedak *solid*.

Dibagian tengah tangki dipasang pemanas uap sistem induksi untuk mempertahankan cairan tetap panas dan memisahkan bagian minyak melayang ke atas dan selanjutnya keluar melalui corong yang dapat diatur ketinggiannya, sekeliling permukaan luar tangki dipasang isolasi *rock woll* 50 mm dan dilapisi pelat aluminium.

g. Tangki Minyak Mentah

Pada tangki minyak cairan masih dipanaskan lagi dengan uap (sistem induksi) untuk pemisahan bagian air dengan pemanasan yang terakhir. Selanjutnya bagian

minyak dengan melalui pompa dikirim ke tangki tunggu sebelum dimasukkan ke *purifier*.

Tangki minyak merupakan tangki bulat terbuka dengan dasar berbentuk kerucut terbalik. Ukuran diameter 3 x 3,45 meter. Pada sekitar setengah tinggi tangki kebawah dipasang pemanas uap sistem *injeksi* untuk mempertahankan cairan tetap panas. Sekeliling permukaan luar tangki dipasang isolasi *rock woll* 50 mm dan dilapisi pelat aluminium.

h. Purifier

Pada *purifier* bagian air yang masih ada dipisahkan dari minyak atas dasar perbedaan berat jenis gravitasi dalam pusaran gaya vertikal *sentrifus*. Minyak hasil *sentrifus* dengan kandungan air sekitar 0,25 -0,30 % selanjutnya dikirim ke pengering minyak. *Purifier* terdiri dari *bowl* dengan diatasnya berlapis beberapa *disk* berputar cepat dan akibat putarannya cairan terpisah sesuai perbedaan berat jenisnya.

i. Pengering Minyak/Pengering Vakum

Minyak (CPO) dengan kadar air 0,1 % hasil pengeringan hampa dialirkan melalui *oil cooler* hingga temperature minyak turun dari 90⁰ C menjadi 50⁰ C. Pengeringan vakum merupakan tangki tabung tertutup tegak. Ruangan hampa ditimbulkan oleh hisapan pompa hampa atau oleh pembangkit hampa dengan cara pengembunan dan *injeksi* uap.

j. Flow Meter

Minyak dari *oil cooler* dipompakan ke tangki timbun melalui *flow* meter agar dapat diketahui hasil produksi setiap waktu. *Flow* meter merupakan *klep* yang berputar kerana dorongan aliran minyak dan dihubungkan menjadi petunjuk jumlah cairan yang lewat.

k. Tangki Sludge

Pada tangki *sludge* cairan masuk terus dengan pipa disalurkan sampai ke dasar tangki *sludge*. Pada bagian tangki *sludge* dipasang pemanas uap sistem *injeksi*, yaitu agar cairan menjadi menggelegak dan bagian cairan minyak akan melayang keatas sampai kepermukaan tangki melalui pipa mengalir keluar pompa dan selanjutnya dikirim ke *desanding siklum*. Sedangkan bagian dedak *sludgenya* dari tangki *sludge* secara periodik dibuang (dicurahkan) ketangki kurasan (*drain tank*).

l. Tangki Kurasan

Pada tangki kurasan cairan dipanaskan dengan uap sistem *injeksi*. Atas dasar perbedaan berat jenis cairan, cairan bagian minyak akan melayang naik ke permukaan cairan dan melimpah ke ruang tangki sebelahnya. Selanjutnya dengan memakai pompan dikirim ke tangki pemisah.

m. Bak Fat-Fit

Seluruh buangan kotoran minyak dan Lumpur minyak dari stasiun minyak ditampung di bak *fat fit*. Pada bak *fat fit* masih diadakan pemisahan bagian cairan minyak dengan cara pemanasan uap secara *injeksi* dan pengendapan bagian dedak Lumpur. Bagian minyak yang melayang dan ada pada permukaan cairan dialirkan melalui talang ke bak tersendiri, selanjutnya dengan melalui pompa secara *periodic* dikirim ke tangki pemisah untuk diproses ulang.

Bak *fat-fit* merupakan tangki segi empat terbuka ukuran 18 x 12 m dan tinggi 1,53 m, terbagi oleh sekat-sekat menjadi delapan ruangan, semua ruangan dipasang pemanas uap sistem *injeksi* untuk membuat cairan menggelegak dan cairan minyak akan naik keatas permukaan dan cairan melimpah ke talang saluran minyak. Setiap ruangan dapat diatur memakai pemanas. Talang saluran minyak dihubungkan ke tangki kecil yang terletak disamping *fat fit* yang dilengkapi pemanas uap dan dari tangki tersebut dengan pompa dikirim ke tangki pemisah untuk diolah ulang.

4.2.5 Proses Pengelupasan Biji (Depericaper)

Komponen-komponen mesin-mesin pengelupas terdiri dari:

1. Ularan Pemecah Bongkah (cake breaker conveyor)

Berfungsi untuk memecahkan ampas kempa yang berbongkah (bergumpal), sehingga bijinya terpisah dan serabutnyanterurai-urai.

Ularan pemecah bongkah berupa ularan terbuka untuk menghantarkan ampas kempa ke mesin pengupas biji sambil bongkahan ampasnya dipecah-pecah dan dikeringkan disepanjang ularan sehingga antara serabut dan biji dapat mudah dipisahkan dalam kolam pemisah (separating coloumn).

2. Kolam Pemisah

Berfungsi sebagai pemisah serabut dan biji secara gravitasi perbedaan jenis. Dengan sedotan udara kecepatan 10 m/dtk serabut akan terbawa oleh hisapan

udara tersebut, sedangkan bagian biji dan intinya akan jatuh kebawah kepengesah biji.

3. Siklun Serabut (fibre cyclone)

Berfungsi sebagai tempat penampungan serabut yang terbawa (terhisap) udara hisap, terpisah dari udara hisap, akibat hisapan secara angin pusar dimana serabut jatuh kebawah sedangkan angin pusarnya terus keluar udara.

4. Blower Hisap

Berfungsi untuk menyedot bagian serabut sejak keluar ularan pemecah bongkah terus melalui saluran serabut dan sampai ke siklun serabut.

5. Airlock

Berfungsi untuk menyedot bagian serabut dari siklun ke transpor pembawa serabut dengan teratur dan udara tidak dapat masuk kesiklun.

6. Pengasah Biji

Berfungsi untuk membersihkan biji dari serabut-serabut yang melekat dengan cara pengikisan sewaktu bergelinding-gelinding didalam tromol, sedangkan serabut-serabut yang terlepas waktu jatuh dari arah sebelah atas drum pengesahan biji yang dalam keadaan melayang tersedot oleh tarikan blower hisap.

4.3 Pengumpulan Data

Selama melakukan *observasi* di lapangan guna pengambilan data-data yang dipergunakan dalam penyusunan tugas akhir ini, juga telah dilakukan wawancara dengan bagian HRD dan pengolahan di PT. Tasma Puja guna memperoleh data-data yang diperlukan dalam pengolahan data berikutnya. Data-data tersebut adalah sebagai berikut:

4.3.1 Data Jumlah Tenaga Kerja

PT.Tasma puja terdiri dari empat bagian yaitu Bagian Administrasi, Keamanan, *Workshop*, dan Bagian Pengolahan. Pada penelitian ini hanya membahas bagian pengolahan saja. Pada Bagian Pengolahan dibagi atas tiga *shift* setiap *shift* nya terdiri dari 29-32 orang. Dengan data jumlah tenaga kerja dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 4.1 Data Jumlah Tenaga Kerja Bagian Pengolahan *Shift 1*

No	Bagian Pengolahan	Jumlah Tenaga Kerja											
		<i>Jan</i>	<i>Feb</i>	<i>Mar</i>	<i>Apr</i>	<i>Mei</i>	<i>Jun</i>	<i>Jul</i>	<i>Ags</i>	<i>Sep</i>	<i>Okt</i>	<i>Nov</i>	<i>Des</i>
1	Mandor	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	Loading Ramp	3	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4
3	Rebusan	3	4	4	4	4	3	3	4	4	4	4	4
4	Hoisting Crane	5	5	5	5	5	5	4	4	5	5	5	5
5	Press	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
6	Klarifikasi	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
7	Pengolahan Inti	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
8	Boiler	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
9	Water Treatment	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
10	Tangkos	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
11	Kamar Mesin	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
12	Fat Fit	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
13	Loader	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3
Total		30	32	32	32	31	31	30	30	32	32	32	32

Tabel 4.2 Data Jumlah Tenaga Kerja Bagian Pengolahan *Shift 2*

No	Bagian Pengolahan	Jumlah Tenaga Kerja											
		<i>Jan</i>	<i>Feb</i>	<i>Mar</i>	<i>Apr</i>	<i>Mei</i>	<i>Jun</i>	<i>Jul</i>	<i>Ags</i>	<i>Sep</i>	<i>Okt</i>	<i>Nov</i>	<i>Des</i>
1	Mandor	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	Loading Ramp	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
3	Rebusan	3	3	4	4	3	4	4	4	3	3	3	3
4	Hoisting Crane	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
5	Press	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
6	Klarifikasi	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
7	Pengolahan Inti	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
8	Boiler	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3
9	Water Treatment	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
10	Tangkos	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
11	Kamar Mesin	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2
12	Fat Fit	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
13	Loader	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Total		31	31	31	31	31	32	32	31	31	31	31	31

Tabel 4.3 Data Jumlah Tenaga Kerja Bagian Pengolahan *Shift 3*

No	Bagian Pengolahan	Jumlah Tenaga Kerja											
		Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des
1	Mandor	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	Loading Ramp	3	4	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4
3	Rebusan	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
4	Hoisting Crane	4	5	5	5	5	5	4	4	5	5	5	5
5	Press	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
6	Klarifikasi	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
7	Pengolahan Inti	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
8	Boiler	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3
9	Water Treatment	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
10	Tangkos	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
11	Kamar Mesin	2	2	2	1	1	1	1	2	1	1	2	1
12	Fat Fit	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
13	Loader	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Total		29	31	31	30	30	30	29	30	31	31	31	31

4.3.2 Data biaya Tenaga Kerja Setiap Periode *Rekrutment*

4.3.2.1 Biaya *Rekrutment* Tenaga Kerja

Biaya *rekrutment* adalah seluruh biaya yang dikeluarkan dalam proses penarikan tenaga kerja mulai dari pemeriksaan kesehatan, biaya perlengkapan kerja sampai biaya pelatihan. Rincian biaya-biaya tersebut adalah sebagai berikut:

1. Biaya pemeriksaan kesehatan calon tenaga kerja = Rp 20.000,-
2. Biaya perlengkapan kerja
 - a. Pakaian seragam = Rp 100.000,-
 - b. Helem dan sepatu bot = Rp 150.000,-
3. Biaya pelatihan = Rp 100.000,-

4.3.2.2 Biaya *Backorder*

Biaya *backorder* adalah biaya yang disebabkan oleh kehilangan keuntungan karena kekurangan tenaga kerja. Berikut ini adalah data jumlah produksi, harga produksi, dan harga penjualan dari bulan Januari sampai dengan Desember:

Tabel 4.4 Jumlah produksi PT. Tasma Puja Periode Bulan Januari-Desember

Bulan	Jumlah TK (Orang)	Produksi (Ton)	Harga Produksi Total (Rupiah)	Harga Penjualan Total (Rupiah)	Keuntungan (Rupiah)
Januari	153	1.887.030	Rp12.926.155.500	Rp13.020.507.000	Rp94.351.500
Pebruari	151	1.478.070	Rp10.124.779.500	Rp10.198.683.000	Rp73.903.500
Maret	156	1.547.310	Rp10.599.073.500	Rp10.676.439.000	Rp77.365.500
April	154	1.630.390	Rp11.168.171.500	Rp11.249.691.000	Rp81.519.500
Mei	155	1.840.660	Rp12.608.521.000	Rp12.700.554.000	Rp92.033.000
Juni	155	1.818.690	Rp12.458.026.500	Rp12.548.961.000	Rp90.934.500
Juli	158	2.816.380	Rp19.292.203.000	Rp19.433.022.000	Rp140.819.000
Agustus	160	3.017.520	Rp20.670.012.000	Rp20.820.888.000	Rp150.876.000
September	156	2.748.240	Rp18.825.444.000	Rp18.962.856.000	Rp137.412.000
Oktober	156	2.588.570	Rp17.731.704.500	Rp17.861.133.000	Rp129.428.500
November	154	2.681.060	Rp18.365.261.000	Rp18.499.314.000	Rp134.053.000
Desember	153	2.677.500	Rp18.340.875.000	Rp18.474.750.000	Rp133.875.000
Total	1861			Total	Rp1.336.571.000

4.4 Pengolahan Data Perencanaan Jumlah Tenaga Kerja.

Pengolahan data untuk perencanaan jumlah tenaga kerja ini dilakukan dengan rantai *Markov* yang dalam penyelesaiannya dibantu dengan metode *Linear Programming*. Pengolahan data dibantu *Solver* dari *Software QM for Windows*. *Solver* digunakan untuk membantu dalam penyelesaian fungsi tujuan dan batasan pada metode *Linear Programming*.

4.4.1 Pengolahan Data Biaya

4.4.1.1 Biaya Rekrutmen Tenaga Kerja

Biaya rekrutmen tenaga kerja adalah seluruh biaya yang dikeluarkan dalam proses penarikan tenaga kerja mulai dari pemeriksaan kesehatan, biaya perlengkapan kerja sampai biaya pelatihan.

1. Biaya pemeriksaan kesehatan calon tenaga kerja = Rp 20.000
2. Biaya perlengkapan kerja
 - a. Pakaian seragam = Rp 100.000
 - b. Helem, Masker, Pengaman Telinga dan Sepatu but = Rp 150.000
3. Biaya pelatihan = Rp 100.000 +
- Total biaya = Rp 370.000

Jadi total biaya rekrutmen per orang adalah Rp 370.000

4.4.1.2 Biaya *Backorder*

Biaya *backorder* didapat dari hasil bagi antara jumlah akumulatif keuntungan penjualan dengan jumlah akumulatif tenaga kerja selama periode bulan Januari sampai Desember. Hasil perhitungannya dapat dilihat pada tabel 4.5 berikut:

Tabel 4.5 Keuntungan PT. Tasamapuja Periode Bulan Januari-Desember

Bulan	Jumlah TK (Orang)	Produksi (Ton)	Harga Produksi Total (Rupiah)	Harga Penjualan Total (Rupiah)	Keuntungan (Rupiah)
Januari	153	1.887.030	Rp12.926.155.500	Rp13.020.507.000	Rp94.351.500
Pebruari	151	1.478.070	Rp10.124.779.500	Rp10.198.683.000	Rp73.903.500
Maret	156	1.547.310	Rp10.599.073.500	Rp10.676.439.000	Rp77.365.500
April	154	1.630.390	Rp11.168.171.500	Rp11.249.691.000	Rp81.519.500
Mei	155	1.840.660	Rp12.608.521.000	Rp12.700.554.000	Rp92.033.000
Juni	155	1.818.690	Rp12.458.026.500	Rp12.548.961.000	Rp90.934.500
Juli	158	2.816.380	Rp19.292.203.000	Rp19.433.022.000	Rp140.819.000
Agustus	160	3.017.520	Rp20.670.012.000	Rp20.820.888.000	Rp150.876.000
September	156	2.748.240	Rp18.825.444.000	Rp18.962.856.000	Rp137.412.000
Oktober	156	2.588.570	Rp17.731.704.500	Rp17.861.133.000	Rp129.428.500
November	154	2.681.060	Rp18.365.261.000	Rp18.499.314.000	Rp134.053.000
Desember	153	2.677.500	Rp18.340.875.000	Rp18.474.750.000	Rp133.875.000
Total	1861			Total	Rp1.336.571.000

$$\begin{aligned}\text{Biaya Backorder Rata-rata} &= \frac{\sum \text{Keuntungan Periode Januari - Desember}}{\sum \text{Jumlah Tenaga Kerja Periode Januari-Desember}} \\ &= \text{Rp } 718.200\end{aligned}$$

Jadi biaya backoreder rata-rata per orang adalah Rp 718.200

4.4.2 Pengolahan Data Dengan Rantai *Markov*

Untuk pengolahan data dengan menggunakan Rantai *Markov* dan dapat dilakukan dengan mengikuti langkah-langkah sebagai berikut ;

4.4.2.1 Bagian Pengolahan *Shift 1*

Pada metode *linear programming* kita mencari variabel keputusan (y_{ik}) yang optimal dengan menentukan fungsi tujuan dan batasan-batasannya. Fungsi tujuan dan batasan-batasan tersebut diselesaikan hingga didapat nilai dari masing-masing variabel keputusan (y_{ik}) yang menentukan keputusan yang optimal untuk setiap keadaan. Langkah-langkahnya adalah sebagai berikut:

1. Menentukan jumlah dan interval keadaan (*State*)

Pada bagian pengolahan shift 1 hanya terdapat tiga keadaan (tingkat persediaan jumlah tenaga kerja) yaitu 30,31,32 yang didapat dilihat pada tabel 4.1, sehingga tidak perlu ditentukan lagi jumlah dan interval keadaannya. Untuk memudahkan perhitungan maka keadaan 30,31,32 dilambangkan berturut-turut dengan 1,2,3.

2. Menentukan Peluang Peralihan

Sebelum menentukan peluang peralihan ditentukan terlebih dahulu matriks frekuensinya dengan mengaplikasikan data tingkat jumlah tenaga kerja pada tabel 4.1 data jumlah tenaga kerja bagian pengolahan *shift* 1 pada persamaan (3-4) yaitu :

$$n_i = \sum_{j=1}^M n_{ij}$$

Misalnya pada $i = 30$ dan $j = 30$, Dari tabel 4.1 jumlah tenaga kerja pada Shift 1 diperoleh 1 kali perubahan jumlah tenaga kerja 30 orang untuk bulan juli dan untuk bulan Agustus jumlah tenaga kerja kerjanya tetap 30 orang, maka itu dihitung 1 kali peralihan. Berikut ini dapat dilihat rekapitulasi perhitungan semua data pada tabel di bawah ini:

Tabel 4.6 Matriks Frekuensi Peralihan pada Bagian Pengolahan Shift 1

i/j	30(1)	31(2)	32(3)	ni
30(1)	1	0	2	3
31(2)	1	1	0	2
32(3)	0	1	5	6

Dengan mengaplikasikan data tabel 4.6 diatas pada persamaan (3-3) didapat peluang peralihannya, yang dapat dilihat pada tabel 4.7 dibawah ini:

$$P_{ij} = n_{ij} / n_i$$

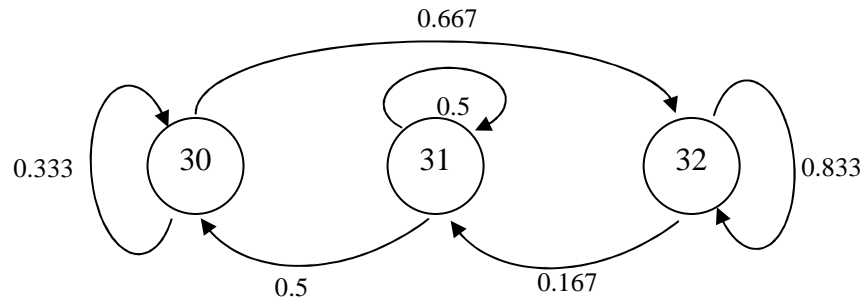
Misalnya pada $i = 30$ dan $j = 30$

$$\begin{aligned} P_{ij} &= n_{ij} / n_i \\ &= 1/3 \\ &= 0.333 \end{aligned}$$

Berikut ini dapat dilihat rekapitulasi perhitungan semua data pada tabel di bawah ini:

Tabel 4.7 Matriks Peluang Peralihan pada Bagian Pengolahan Shift 1

i/j	30(1)	31(2)	32(3)
30(1)	0.333	0	0.667
31(2)	0.5	0.5	0
32(3)	0	0.167	0.833



Gambar 4.1 Diagram Transisi Keadaan Bagian Pengolahan Shift 1

3. Menentukan Keputusan yang Mungkin untuk Setiap Keadaan dan Biaya yang Ditimbulkannya.

Dalam perencanaan tenaga kerja ini keputusan yang diambil bertujuan untuk menentukan kebijakan optimal dengan memperhatikan jumlah (tingkat) persediaan tenaga kerja maksimum. Keputusan yang mungkin adalah penambahan tenaga kerja dengan jumlah yang disesuaikan untuk setiap keadaan serta keputusan tidak melakukan apapun. Jumlah perekrutan yang mungkin untuk keadaan tingkat persediaan tenaga kerja (Nr) adalah selisih tingkat persediaan tenaga kerja yang ada tersebut dengan tingkat persediaan tenaga kerja terdekat dan kelipatan dari nilai selisih tersebut sampai tingkat persediaan tenaga kerja maksimum tercapai. Keputusan yang mungkin untuk setiap keadaan pada shift 1 dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.8 Keadaan-Keputusan pada Bagian Pengolahan Shift 1

i / D_i	0	1	2
30(1)	D_{10}	D_{11}	D_{12}
31(2)	D_{20}	D_{21}	
32(3)	D_{30}		

Dengan,

- 0 = Keputusan tidak melakukan apapun
- 1 = Keputusan merekrut 1 orang tenaga kerja
- 2 = Keputusan merekrut 2 orang tenaga kerja

Biaya yang terjadi untuk setiap keputusan yang mungkin pada setiap keadaan adalah biaya rekrutmen, biaya *backorder* (kekurangan tenaga kerja). Dengan menggunakan persamaan (3-5), (3-6), (3-7), dan (3-8) dapat ditentukan biaya yang terjadi untuk setiap keputusan yang diambil

1. Biaya rekrutmen tenaga kerja

$$Cr_{ik} = Nr_{ik} R$$

2. Biaya *backorder*

$$Cb_{ik} = Nb_{ik} B$$

3. Biaya total

$$TC_{ik} = Cr_{ik} + Cb_{ik}$$

Total biaya yang terjadi untuk masing-masing keadaan dan keputusan ini akan dijadikan koefisien pada fungsi tujuan *linear programming*, untuk mencari variabel keputusan y_{ik} . Biaya yang terjadi dapat dilihat pada tabel di bawah ini

Tabel 4.9 Hubungan Keputusan Keadaan Biaya Bagian Pengolahan *Shift* 1

Keputusan	Keadaan	Biaya Rekrutmen	Biaya Backorder	Biaya Total
Tidak Melakukan Apapun (0)	1	0x Rp 370.000 = Rp 0	2 x Rp 718200 = Rp 1436400	Rp1,436,400
	2	0x Rp 370.000 = Rp 0	1 x Rp 718200 = Rp 718200	Rp718,200
	3	0x Rp 370.000 = Rp 0	0 x Rp 718200 = Rp 0	Rp0
Merekrut 1	1	1x Rp 370.000 = Rp 370.000	1 x Rp 718200 = Rp 718200	Rp1,088,200
	2	1 x Rp 370.000 = Rp 370.000	0x Rp 718200 = Rp 0	Rp370,000
Merekrut 2	1	2 x Rp 370.000 = Rp 740.000	0 x Rp 718200 = Rp 0	Rp740,000

4. Menentukan Peluang Peralihan Baru untuk Setiap Keputusan.

Setiap keputusan yang diambil pada tingkat persediaan tenaga kerja i menentukan peluang peralihan (transisi) untuk peralihan berikutnya. Dimana setiap keputusan (perekrutan tenaga kerja) akan membuat suatu keadaan (tingkat persediaan tenaga kerja) bergerak menuju keadaan (tingkat persediaan tenaga kerja) lain dengan peluang peralihan $p_{ij}(k) = 1$.

Untuk keputusan tidak melakukan apapun, keadaan (tingkat persediaan tenaga kerja) dapat bertambah menuju keadaan tingkat persediaan tenaga kerja lain dengan peluang peralihan awal $p_{ij}(k) = p_{ij}$ yang didapat dari persamaan (3-3) yang dapat dilihat pada tabel 4.7. peluang peralihan baru tiap keadaan i berdasarkan keputusan k . Misalnya pada $i = 30-1$ dan $j = 30$, Dari tabel 4.1 jumlah tenaga kerja pada Shift 1 diperoleh 1 kali perubahan jumlah tenaga kerja 30 orang ditambah 1 orang untuk

bulan juli dan untuk bulan Agustus jumlah tenaga kerja kerjanya tetap 30 orang, maka itu dihitung 1 kali peralihan, dan untuk mencari nilai P_{ij} yaitu

$$\begin{aligned} P_{ij} &= n_{ij} / n_i \\ &= 1/3 \\ &= 0.333 \end{aligned}$$

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 410. Peluang Peralihan Baru Keadaan i Berdasarkan Keputusan k

($p_{ij}(k)$) Bagian Pengolahan Shift 1

Keputusan-Keadaan	30(1)	31(2)	32(3)
30(1)-0	0.333	0	0.667
30(1)-1	0.333	0.667	0
30(1)-2	0.333	0	0.667
31(2)-0	0.5	0.5	0
31(2)-1	0.5	0.5	0
32(3)-0	0	0.167	0.833

Peluang peralihan berdasarkan keputusan ini nantinya akan menjadi koefisien pada batasan *linear programming* untuk variabel keputusan y_{ik} yang optimal.

5. Menentukan Fungsi Tujuan untuk *Linear Programming*

Fungsi tujuan dapat dicari dengan menggunakan persamaan (3-11) yaitu minimasi

$$TC = \sum_{i=1}^M \sum_{k=0}^K TC_{ik} y_{ik}$$

Dimana biaya total untuk keputusan yang mungkin untuk setiap keadaan (TC_{ik}) dapat dilihat pada Tabel 4.9 yang kemudian diaplikasikan kedalam persamaan diatas.

Untuk Shift 1 fungsi tujuannya adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Minimasi } TC &= 1.436.400 y_{10} + 1.088.200 y_{11} + 740.000 y_{12} + 718.200 y_{20} + 370.000 \\ &y_{21} + 0 y_{30} = 1 \end{aligned}$$

6. Menentukan Batasan untuk Persamaan *Linear Programming*

Batasan untuk persamaan *linear programming* di atas dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan (3-12), (3-13), (3-14) yaitu:

$$a. \sum_{i=1}^M \sum_{k=0}^K y_{ik} = 1$$

$$b. \sum_{k=0}^K y_{ik} - \sum_{i=1}^M \sum_{k=0}^K y_{ik} p_{ij}(k) = 0 \quad \text{untuk } j = 1, 2, \dots, M$$

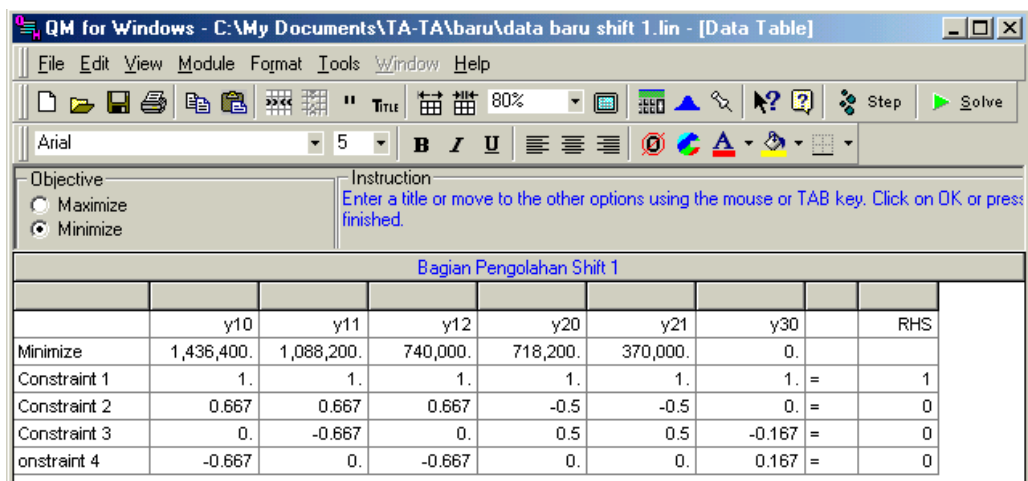
- c. $0 \leq y_{ik} \leq 1$, untuk $i = 1, 2, \dots, M$ dan $k = 0, 1, 2, \dots, K$

Dengan mengaplikasikan peluang peralihan baru berdasarkan pasangan keadaan pada tabel 4.10 pada persamaan di atas maka didapat batasan untuk Shift 1 sebagai berikut:

1. $y_{10} + y_{11} + y_{12} + y_{20} + y_{21} + y_{30} = 1$
2. $y_{10} + y_{11} + y_{12} - (0.333 y_{10} + 0.333 y_{11} + 0.333 y_{12} + 0.5 y_{20} + 0.5 y_{21}) = 0$
3. $y_{20} + y_{21} - (0.667 y_{11} + 0.5 y_{20} + 0.5 y_{21} + 0.167 y_{30}) = 0$
4. $y_{30} - (0.667 y_{10} + 0.667 y_{12} + 0.833 y_{30}) = 0$
5. $0 \leq y_{10} + y_{11} + y_{12} + y_{20} + y_{21} + y_{30} \leq 1$

Untuk mempermudah penyelesaian persamaan di atas, maka dipergunakan fasilitas *Software QM*. Dengan menggunakan bantuan *Software QM*, maka input yang dilakukan adalah sebagai berikut:

Tabel 4.11 *Input Linear Programming* Bagian Pengolahan Shift 1



	y10	y11	y12	y20	y21	y30		RHS
Minimize	1,436,400.	1,088,200.	740,000.	718,200.	370,000.	0.		
Constraint 1	1.	1.	1.	1.	1.	1.	=	1
Constraint 2	0.667	0.667	0.667	-0.5	-0.5	0.	=	0
Constraint 3	0.	-0.667	0.	0.5	0.5	-0.167	=	0
Constraint 4	-0.667	0.	-0.667	0.	0.	0.167	=	0

Dengan menggunakan *software QM* diperoleh *output* penyelesaian sebagai berikut:

Tabel 4.12 *Results* Bagian Pengolahan Shift 1

Linear Programming Results									
Bagian Pengolahan Shift 1 Solution									
	y10	y11	y12	y20	y21	y30		RHS	Dual
Minimize	1,436,400.	1,088,200.	740,000.	718,200.	370,000.	0.			
Constraint 1	1.	1.	1.	1.	1.	1.	=	1.	-194,939.6
Constraint 2	0.667	0.667	0.667	-0.5	-0.5	0.	=	0.	-817,182.1
Constraint 3	0.	-0.667	0.	0.5	0.5	-0.167	=	0.	-1,167,303.
Constraint 4	-0.667	0.	-0.667	0.	0.	0.167	=	0.	0.
Solution->	0.	0.	0.158	0.	0.2108	0.6312		194,939.59	

Tabel 4.13 *Solution List* Bagian Pengolahan Shift 1

Solution list		
Bagian Pengolahan Shift 1 Solution		
Variable	Status	Value
y10	NONBasic	0.
y11	NONBasic	0.
y12	Basic	0.158
y20	NONBasic	0.
y21	Basic	0.2108
y30	Basic	0.6312
artfcl 1	NONBasic	0.
artfcl 2	NONBasic	0.
artfcl 3	NONBasic	0.
artfcl 4	Basic	0.
Optimal Value (Z)		194,939.6

7. Menentukan Keputusan Optimal dan Analisa Hasil Perhitungan.

Dari hasil output, dapat diketahui bahwa beberapa nilai menunjukkan solusi yang tidak fisibel, sehingga hanya variabel-variabel keputusan yang fisibel saja yang akan digunakan untuk analisa lebih lanjut. Selanjutnya dengan mengaplikasikan persamaan

$$(3-15) \text{ sebagai berikut : } D_{ik} = \frac{y_{ik}}{\pi_i} = \frac{y_{ik}}{\sum_{k=0}^K y_{ik}}$$

Maka didapat variabel keputusan untuk bagian pengolahan *Shift* 1 yaitu :

Tabel 4. 14 Keputusan untuk Tiap Keadaan Bagian Pengolahan *Shift* 1

i/j	0	1	2
30(1)	0	0	1
31(2)	0	1	0
32(3)	1	0	0

Dari tabel 4.14 di atas terlihat bahwa keputusan optimal untuk tiap keadaan berbeda-beda. Keputusan untuk keadaan tingkat persediaan tenaga kerja 30(1) adalah merekrut 2 orang, keadaan tingkat persediaan tenaga kerja 31(2) adalah merekrut 1 orang dan keadaan tingkat persediaan tenaga kerja 32(3) adalah tidak melakukan apapun. Disini terlihat keputusan untuk tiap keadaan selalu membawa keadaan tingkat persediaan tenaga kerja yang terjadi menuju keadaan tingkat persediaan tenaga kerja 32(2). Ini berarti keadaan tingkat persediaan tenaga kerja 32(3) adalah tingkat persediaan tenaga kerja yang optimal dengan biaya tenaga kerja harapan rata-rata jangka panjang yang terjadi adalah sebesar Rp 194.939,- .

4.4.2.2 Bagian Pengolahan Shift 2

Pada metode *linear programming* kita mencari variabel keputusan (y_{ik}) yang optimal dengan menentukan fungsi tujuan dan batasan-batasannya. Fungsi tujuan dan batasan-batasan tersebut diselesaikan hingga didapat nilai dari masing-masing variabel keputusan (y_{ik}) yang menentukan keputusan yang optimal untuk setiap keadaan. Langkah-langkahnya adalah sebagai berikut:

a. Menentukan Jumlah dan Interval Keadaan

Pada bagian pengolahan Shift 2 hanya terdapat dua keadaan (tingkat persediaan jumlah tenaga kerja) yaitu 31,32 yang didapat dilihat pada tabel 4.2, sehingga tidak perlu ditentukan lagi jumlah dan interval keadaannya. Untuk memudahkan perhitungan maka keadaan 31,32 dilambangkan berturut-turut dengan 1,2.

b. Menentukan Peluang Peralihan

Sebelum menentukan peluang peralihan ditentukan terlebih dahulu matriks frekuensinya dengan mengaplikasikan data tingkat jumlah tenaga kerja pada tabel 4.2 pada persamaan (3-4) yaitu :

$$n_i = \sum_{j=1}^M n_{ij}$$

Misalnya pada $i = 31$ dan $j = 31$, dari tabel 4.2 jumlah tenaga kerja pada Shift 2 diperoleh 8 kali perubahan jumlah tenaga kerja 31 orang untuk bulan Januari dan untuk bulan Februari jumlah tenaga kerja kerjanya tetap 31 orang, maka itu dihitung 1 kali peralihan. Dan pada bulan Februari ke bulan Maret jumlah tenaga kerjanya tetap 31 orang, maka telah terjadi 1 kali beralihan. Maka dari bulan Januari sampai

Desember, memiliki total peralihan sebanyak 8 kali. Berikut ini dapat dilihat rekapitulasi perhitungan semua data pada tabel di bawah ini:

Tabel 4.15 Matriks Frekuensi Peralihan pada Bagian Pengolahan Shift 2

i/j	31(1)	32(2)	ni
31(1)	8	1	9
32(2)	1	1	2

Dengan mengaplikasikan data tabel 4.15 di atas pada persamaan (3-3) didapat peluang peralihannya, yang dapat dilihat pada tabel 4.16 dibawah ini:

$$P_{ij} = n_{ij} / n_i$$

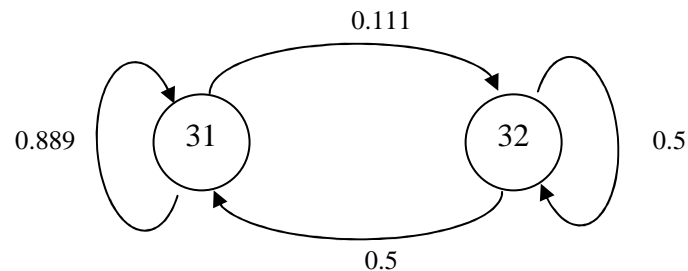
Misalnya pada $i = 31$ dan $j = 31$

$$\begin{aligned} P_{ij} &= n_{ij} / n_i \\ &= 8 / 9 \\ &= 0.889 \end{aligned}$$

Berikut ini dapat dilihat rekapitulasi perhitungan semua data pada tabel di bawah ini:

Tabel 4.16 Matriks Peluang Peralihan pada Bagian Pengolahan Shift 2

i/j	31(1)	32(2)
31(1)	0.889	0.111
32(2)	0.5	0.5



Gambar 4.2 Diagram Transisi Keadaan Bagian Pengolahan Shift 2

1. Menentukan Keputusan yang Mungkin untuk Setiap Keadaan dan Biaya yang Ditimbulkannya

Dalam perencanaan tenaga kerja ini keputusan yang diambil bertujuan untuk menentukan kebijakan optimal dengan memperhatikan jumlah (tingkat) persediaan tenaga kerja maksimum. Keputusan yang mungkin adalah penambahan tenaga kerja dengan jumlah yang disesuaikan untuk setiap keadaan serta keputusan tidak melakukan apapun. Jumlah perekrutan yang mungkin untuk keadaan tingkat persediaan tenaga

kerja (Nr) adalah selisih tingkat persediaan tenaga kerja yang ada tersebut dengan tingkat persediaan tenaga kerja terdekat dan kelipatan dari nilai selisih tersebut sampai tingkat persediaan tenaga kerja kerja maksimum tercapai. Keputusan yang mungkin untuk setiap keadaan pada Shift 2 dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.17 Keadaan-Keputusan pada Bagian Pengolahan Shift 2

i / D_i	0	1	2
31(2)	D_{20}	D_{21}	
32(3)	D_{30}		

Dengan,

0 = Keputusan tidak melakukan apapun

1 = Keputusan merekrut 1 orang tenaga kerja

Biaya yang terjadi untuk setiap keputusan yang mungkin pada setiap keadaan adalah biaya rekrutmen, biaya *backorder* (kekurangan tenaga kerja). Dengan menggunakan persamaan (3-5), (3-6), (3-7), dan (3-8) dapat ditentukan biaya yang terjadi untuk setiap keputusan yang diambil.

1. Biaya rekrutmen tenaga kerja

$$Cr_{ik} = Nr_{ik} R$$

2. Biaya *backorder*

$$Cb_{ik} = Nb_{ik} B$$

3. Biaya total

$$TC_{ik} = Cr_{ik} + Cb_{ik}$$

Total biaya yang terjadi untuk masing-masing keadaan dan keputusan ini akan dijadikan koefisien pada fungsi tujuan *linear programming*, untuk mencari variabel keputusan y_{ik} . Biaya yang terjadi dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 4.18 Hubungan Keputusan Keadaan Biaya Bagian Pengolahan Shift 2

Keputusan	Keadaan	Biaya Rekrutmen	Biaya Backorder	Biaya Total
Tidak Melakukan Apapun (0)	1	$0 \times \text{Rp } 370.000 = \text{Rp } 0$	$1 \times \text{Rp } 718.200 = \text{Rp } 718.200$	$\text{Rp } 718.200$
	2	$0 \times \text{Rp } 370.000 = \text{Rp } 0$	$0 \times \text{Rp } 718.200 = \text{Rp } 0$	$\text{Rp } 0$
Merekrut 1	1	$1 \times \text{Rp } 370.000 = \text{Rp } 370.000$	$0 \times \text{Rp } 718.200 = \text{Rp } 0$	$\text{Rp } 370.000$

c. Menentukan Peluang Peralihan Baru untuk Setiap Keputusan.

Setiap keputusan yang diambil pada tingkat persediaan tenaga kerja i menentukan peluang peralihan (transisi) untuk peralihan berikutnya. Dimana setiap keputusan (perekrutan tenaga kerja) akan membuat suatu keadaan (tingkat persediaan tenaga

kerja) bergerak menuju keadaan (tingkat persediaan tenaga kerja) lain dengan peluang peralihan $p_{ij}(k) = 1$.

Untuk keputusan tidak melakukan apapun, keadaan (tingkat persediaan tenaga kerja) dapat bertambah menuju keadaan tingkat persediaan tenaga kerja lain dengan peluang peralihan awal $p_{ij}(k) = p_{ij}$ yang didapat dari persamaan (3-3) yang dapat dilihat pada tabel 4.16. peluang peralihan baru tiap keadaan i berdasarkan keputusan k Misalnya pada $i = 31-1$ dan $j = 31$, dari tabel 4.2 jumlah tenaga kerja pada Shift 2 diperoleh 8 kali perubahan jumlah tenaga kerja 31 orang untuk bulan Januari di tambah 1 orang menjadi 32 dan untuk bulan Februari jumlah tenaga kerja kerjanya tetap 31 orang, maka itu dihitung 1 kali peralihan. Dan pada bulan Februari di tambah 1 orang tenaga kerja ke bulan Maret jumlah tenaga kerjanya tetap 31 orang, maka telah terjadi 1 kali beralihan. Maka dari bulan Januari sampai Desember, memiliki total peralihan sebanyak 8 kali, dan untuk mencari nilai P_{ij} yaitu

$$\begin{aligned} P_{ij} &= n_{ij} / n_i \\ &= 8 / 9 \\ &= 0.889 \end{aligned}$$

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 419. Peluang Peralihan Baru Keadaan i Berdasarkan Keputusan k ($p_{ij}(k)$) Bagian Pengolahan Shift 2

Keputusan-Keadaan	31(1)	32(2)
31(1)-0	0.889	0.111
31(1)-1	0.889	0.111
32(2)-0	0.5	0.5

Peluang peralihan berdasarkan keputusan ini nantinya akan menjadi koefisien pada batasan *linear programming* untuk variabel keputusan y_{ik} yang optimal.

2. Menentukan Fungsi Tujuan untuk Persamaan *Linear Programming*

Fungsi tujuan dapat dicari dengan menggunakan persamaan (3-11) yaitu minimasi

$$TC = \sum_{i=1}^M \sum_{k=0}^K TC_{ik} y_{ik}$$

Dimana biaya total untuk keputusan yang mungkin untuk setiap keadaan (TC_{ik}) dapat dilihat pada Tabel 4.18 yang kemudian diaplikasikan kedalam persamaan diatas.

Untuk shift 2 fungsi tujuannya adalah sebagai berikut:

$$\text{Minimasi } TC = 718.200 y_{10} + 370.000 y_{11} + 0 y_{20} = 1$$

3. Menentukan Batasan untuk Persamaan *Linear Programming*

Batasan untuk persamaan *linear programming* diatas dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan (3-12), (3-13), (3-14) yaitu:

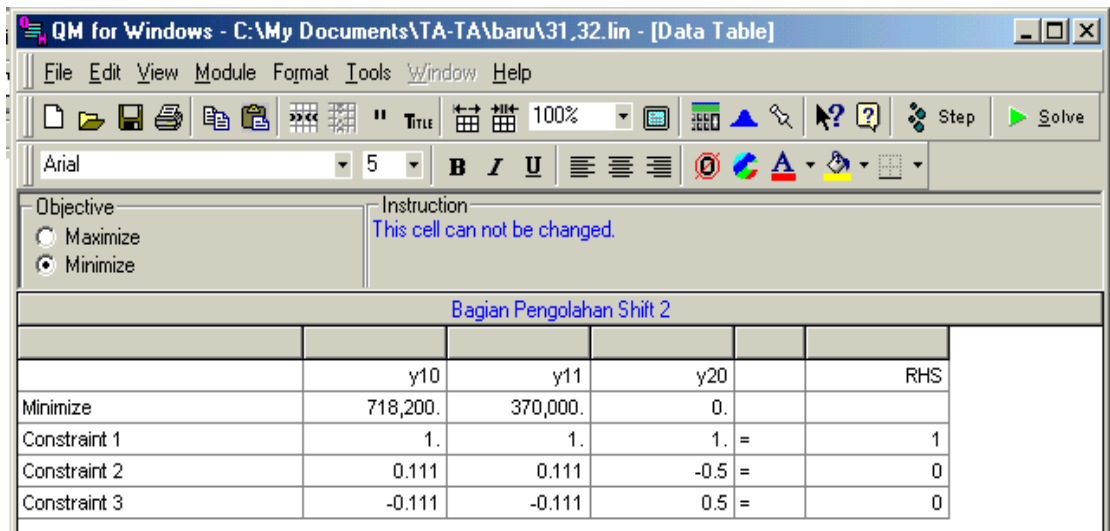
- $$\sum_{i=1}^M \sum_{k=0}^K y_{ik} = 1$$
- $$\sum_{k=0}^K y_{ik} - \sum_{i=1}^M \sum_{k=0}^K y_{ik} p_{ij}(k) = 0 \quad \text{untuk } j = 1, 2, \dots, M$$
- $$0 \leq y_{ik} \leq 1, \text{ untuk } i = 1, 2, \dots, M \text{ dan } k = 0, 1, 2, \dots, K$$

Dengan mengaplikasikan peluang peralihan baru berdasarkan pasangan keadaan pada tabel 4.19 pada persamaan diatas maka didapat batasan untuk Shift 2 sebagai berikut:

- $y_{10} + y_{11} + y_{20} = 1$
- $y_{10} + y_{11} - (0.889 y_{10} + 0.889 y_{11} + 0.5 y_{20}) = 0$
- $y_{20} - (0.111 y_{10} + 0.111 y_{11} + 0.5 y_{20}) = 0$
- $0 \leq y_{10} + y_{11} + y_{20} \leq 1$

Untuk mempermudah penyelesaian persamaan di atas, maka dipergunakan fasilitas *software QM*. Dengan menggunakan bantuan *software QM*, maka input yang dilakukan adalah sebagai berikut:

Tabel 4.20 *Input Linear Programming* Bagian Pengolahan Shift 2



Bagian Pengolahan Shift 2					
	y10	y11	y20		RHS
Minimize	718,200.	370,000.	0.		
Constraint 1	1.	1.	1.	=	1
Constraint 2	0.111	0.111	-0.5	=	0
Constraint 3	-0.111	-0.111	0.5	=	0

Dengan menggunakan *software QM* diperoleh *output* penyelesaian sebagai berikut:

Tabel 4.21 *Results* Bagian Pengolahan Shift 2

Linear Programming Results						
Bagian Pengolahan Shift 2 Solution						
	y10	y11	y20		RHS	Dual
Minimize	718,200.	370,000.	0.			
Constraint 1	1.	1.	1.	=	1.	-302,782.3
Constraint 2	0.111	0.111	-0.5	=	0.	-605,564.5
Constraint 3	-0.111	-0.111	0.5	=	0.	0.
Solution->	0.	0.8183	0.1817		302,782.34	

Tabel 4.22 *Solution List* Bagian Pengolahan Shift 2

Solution list		
Bagian Pengolahan Shift 2 Solution		
Variable	Status	Value
y10	NONBasic	0.
y11	Basic	0.8183
y20	Basic	0.1817
artfcl 1	NONBasic	0.
artfcl 2	NONBasic	0.
artfcl 3	Basic	0.
Optimal Value (Z)		302,782.3

4. Menentukan Keputusan Optimal dan Analisa Hasil Perhitungan

Dari hasil output, dapat diketahui bahwa beberapa nilai menunjukkan solusi yang tidak fisibel, sehingga hanya variabel-variabel keputusan yang fisibel saja yang akan digunakan untuk analisa lebih lanjut. Selanjutnya dengan mengaplikasikan persamaan (3-15) sebagai berikut :

$$D_{ik} = \frac{y_{ik}}{\pi_i} = \frac{y_{ik}}{\sum_{k=0}^K y_{ik}}$$

Maka didapat variabel keputusan untuk bagian pengolahan *Shift 2* yaitu :

Tabel 4.23 Keputusan untuk Tiap Keadaan Bagian Pengolahan *Shift 2*

i/j	0	1
31(1)	0	1
32(2)	1	0

Dari tabel 4.23 di atas terlihat bahwa keputusan optimal untuk tiap keadaan berbeda-beda. Keputusan untuk keadaan tingkat persediaan tenaga kerja 31(1) adalah merekrut 1 orang dan keadaan tingkat persediaan tenaga kerja 32(2) adalah tidak melakukan apapun. Disini terlihat keputusan untuk tiap keadaan selalu membawa keadaan tingkat persediaan tenaga kerja yang terjadi menuju keadaan tingkat persediaan tenaga kerja 32(2). Ini berarti keadaan tingkat persediaan tenaga kerja 32(2) adalah tingkat persediaan tenaga kerja yang optimal dengan biaya tenaga kerja harapan rata-rata jangka panjang yang terjadi adalah sebesar Rp 302.782,-.

4.4.2.3 Bagian Pengolahan Shift 3

Pada metode *linear programming* kita mencari variabel keputusan (y_{ik}) yang optimal dengan menentukan fungsi tujuan dan batasan-batasannya. Fungsi tujuan dan batasan-batasan tersebut diselesaikan hingga didapat nilai dari masing-masing variabel keputusan (y_{ik}) yang menentukan keputusan yang optimal untuk setiap keadaan. Langkah-langkahnya adalah sebagai berikut:

1. Menentukan Jumlah dan Interval Keadaan

Pada bagian pengolahan Shift 3 hanya terdapat tiga keadaan (tingkat persediaan jumlah tenaga kerja) yaitu 29, 30, 31 yang didapat dilihat pada tabel 4.3, sehingga tidak perlu ditentukan lagi jumlah dan interval keadaannya. Untuk memudahkan perhitungan maka keadaan 29, 30, 31, dilambangkan berturut-turut dengan 1,2.

2. Menentukan Peluang Peralihan

Sebelum menentukan peluang peralihan ditentukan terlebih dahulu matriks frekuensinya dengan mengaplikasikan data tingkat jumlah tenaga kerja pada tabel 4.3 pada persamaan (3-4) yaitu :

$$n_i = \sum_{j=1}^M n_{ij}$$

Misalnya pada $i = 29$ dan $j = 29$, dari tabel 4.3 jumlah tenaga kerja pada Shift 3 diperoleh 0 kali perubahan. Pada $i = 29$ dan $j = 30$, diperoleh 1 kali perubahan jumlah tenaga kerja 29 orang untuk bulan Juli dan untuk bulan Agustus jumlah tenaga kerjanya 30 orang, maka itu dihitung 1 kali peralihan. Berikut ini dapat dilihat rekapitulasi perhitungan semua data pada tabel di bawah ini:

Tabel 4.24 Matriks Frekuensi Peralihan pada Bagian Pengolahan Shift 3

i/j	29(1)	30(2)	31(3)	Ni
29(1)	0	1	1	2
30(2)	1	2	1	4
31(3)	0	1	4	5

Dengan mengaplikasikan data tabel 4.24 di atas pada persamaan (3-3) didapat peluang peralihannya, yang dapat dilihat pada tabel 4.25 dibawah ini:

$$P_{ij} = n_{ij} / n_i$$

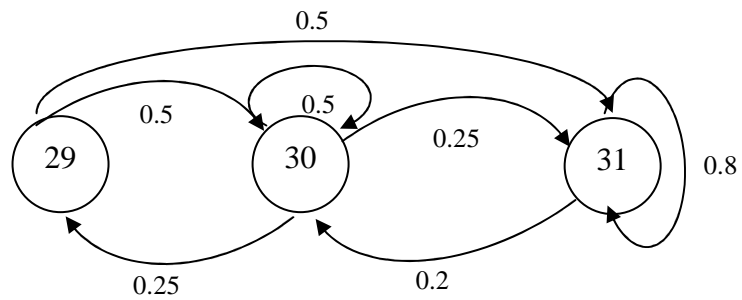
Misalnya pada $i = 29$ dan $j = 30$

$$\begin{aligned} P_{ij} &= n_{ij} / n_i \\ &= 1 / 2 \\ &= 0.5 \end{aligned}$$

Berikut ini dapat dilihat rekapitulasi perhitungan semua data pada tabel di bawah ini:

Tabel 4.25 Matriks Peluang Peralihan pada Bagian Pengolahan Shift 3

i/j	29(1)	30(2)	31(3)
29(1)	0	0.5	0.5
30 (2)	0.25	0.5	0.25
31(3)	0	0.2	0.8



Gambar 4.3 Diagram Transisi Keadaan Bagian Pengolahan Shift 3

3. Menentukan Keputusan yang Mungkin untuk Setiap Keadaan dan Biaya yang Ditimbulkannya

Dalam perencanaan tenaga kerja ini keputusan yang diambil bertujuan untuk menentukan kebijakan optimal dengan memperhatikan jumlah (tingkat) persediaan tenaga kerja maksimum. Keputusan yang mungkin adalah penambahan tenaga kerja dengan jumlah yang disesuaikan untuk setiap keadaan serta keputusan tidak melakukan apapun. Jumlah perekrutan yang mungkin untuk keadaan tingkat persediaan tenaga kerja (Nr) adalah selisih tingkat persediaan tenaga kerja yang ada tersebut dengan tingkat persediaan tenaga kerja terdekat dan kelipatan dari nilai selisih tersebut sampai tingkat persediaan tenaga kerja maksimum tercapai. Keputusan yang mungkin untuk setiap keadaan pada Shift 3 dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.26 Keadaan-Keputusan pada Bagian Pengolahan Shift 3

i / D_i	0	1	2
29(1)	D_{10}	D_{11}	D_{12}
30(2)	D_{20}	D_{21}	
31(3)	D_{30}		

Dengan,

0 = Keputusan tidak melakukan apapun

1 = Keputusan merekrut 1 orang tenaga kerja

2 = Keputusan merekrut 2 orang tenaga kerja

Biaya yang terjadi untuk setiap keputusan yang mungkin pada setiap keadaan adalah biaya rekrutmen, biaya *backorder* (kekurangan tenaga kerja). Dengan menggunakan persamaan (3-5), (3-6), (3-7), dan (3-8) dapat ditentukan biaya yang terjadi untuk setiap keputusan yang diambil.

1. Biaya rekrutmen tenaga kerja

$$Cr_{ik} = Nr_{ik} R$$

2. Biaya *backorder*

$$Cb_{ik} = Nb_{ik} B$$

3. Biaya total

$$TC_{ik} = Cr_{ik} + Cb_{ik}$$

Total biaya yang terjadi untuk masing-masing keadaan dan keputusan ini akan dijadikan koefisien pada fungsi tujuan *linear programming*, untuk mencari variabel keputusan y_{ik} . Biaya yang terjadi dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 4.27 Hubungan Keputusan Keadaan Biaya Bagian Pengolahan *Shift 3*

Keputusan	Keadaan	Biaya Rekrutmen	Biaya Backorder	Biaya Total
Tidak Melakukan Apapun (0)	1	0x Rp 370.000 = Rp 0	2 x Rp 718200 = Rp 1436400	Rp1,436,400
	2	0x Rp 370.000 = Rp 0	1 x Rp 718200 = Rp 718200	Rp718,200
	3	0x Rp 370.000 = Rp 0	0 x Rp 718200 = Rp 0	Rp0
Merekrut 1	1	1x Rp 370.000 = Rp 370.000	1 x Rp 718200 = Rp 718200	Rp1,088,200
	2	1 x Rp 370.000 = Rp 370.000	0x Rp 718200 = Rp 0	Rp370,000
Merekrut 2	1	2 x Rp 370.000 = Rp 740.000	0 x Rp 718200 = Rp 0	Rp740,000

4. Menentukan Peluang Peralihan Baru untuk Setiap Keputusan

Setiap keputusan yang diambil pada tingkat persediaan tenaga kerja i menentukan peluang peralihan (transisi) untuk peralihan berikutnya. Dimana setiap keputusan (perekrutan tenaga kerja) akan membuat suatu keadaan (tingkat persediaan tenaga kerja) bergerak menuju keadaan (tingkat persediaan tenaga kerja) lain dengan peluang peralihan $p_{ij}(k) = 1$.

Untuk keputusan tidak melakukan apapun, keadaan (tingkat persediaan tenaga kerja) dapat bertambah menuju keadaan tingkat persediaan tenaga kerja lain dengan peluang peralihan awal $p_{ij}(k) = p_{ij}$ yang didapat dari persamaan (3-3) yang dapat dilihat pada tabel 4.25. peluang peralihan baru tiap keadaan i berdasarkan keputusan k Misalnya pada $i = 29-1$ dan $j = 29$, dari tabel 4.3 jumlah tenaga kerja pada Shift 3 diperoleh 0 kali perubahan. Pada $i = 29-1$ dan $j = 30$, diperoleh 1 kali perubahan jumlah tenaga kerja 29 orang untuk bulan Juli ditambah 1 orang menjadi 30 dan untuk bulan Agustus jumlah tenaga kerjanya 30 orang, maka itu dihitung 1 kali peralihan. , dan untuk mencari nilai P_{ij} yaitu

$$\begin{aligned}
 P_{ij} &= n_{ij} / n_i \\
 &= 1/1 \\
 &= 1
 \end{aligned}$$

Berikut ini dapat dilihat rekapitulasi perhitungan semua data pada tabel di bawah ini:

Tabel 4.28 Peluang Peralihan Baru Keadaan i Berdasarkan Keputusan k ($p_{ij}(k)$) Bagian Pengolahan Shift 3

Keputusan-Keadaan	29(1)	30 (2)	31(3)
29(1)-0	0	0.5	0.5
29(1)-1	0	1	0
29(1)-2	0	0.5	0.5
30(2)-0	0.25	0.5	0.25
30(2)-1	0.1	0.2	0.7
31(3)-0	0	0.2	0.8

Peluang peralihan berdasarkan keputusan ini nantinya akan menjadi koefisien pada batasan *linear programming* untuk variabel keputusan y_{ik} yang optimal.

5. Menentukan Fungsi Tujuan untuk Persamaan *Linear Programming*

Fungsi tujuan dapat dicari dengan menggunakan persamaan (3-11) yaitu minimasi

$$TC = \sum_{i=1}^M \sum_{k=0}^K TC_{ik} y_{ik}$$

Dimana biaya total untuk keputusan yang mungkin untuk setiap keadaan (TC_{ik}) dapat dilihat pada Tabel 4.27 yang kemudian diaplikasikan kedalam persamaan diatas

Untuk Shift 3 fungsi tujuannya adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Minimasi } TC &= 1.436.400 y_{10} + 1.088.200 y_{11} + 740.000 y_{12} + 718.200 y_{20} + 370.000 \\
 &\quad y_{21} + 0 y_{30} = 1
 \end{aligned}$$

6. Menentukan Batasan untuk Persamaan *Linear Programming*

Batasan untuk persamaan *linear programming* di atas dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan (3-12), (3-13), (3-14) yaitu:

- $\sum_{i=1}^M \sum_{k=0}^K y_{ik} = 1$
- $\sum_{k=0}^K y_{ik} - \sum_{i=1}^M \sum_{k=0}^K y_{ik} p_{ij}(k) = 0 \quad \text{untuk } j = 1, 2, \dots, M$
- $0 \leq y_{ik} \leq 1$, untuk $i = 1, 2, \dots, M$ dan $k = 0, 1, 2, \dots, K$

Dengan mengaplikasikan peluang peralihan baru berdasarkan pasangan keadaan pada tabel 4.19 pada persamaan diatas maka didapat batasan untuk Shift 3 sebagai berikut:

1. $y_{10} + y_{11} + y_{12} + y_{20} + y_{21} + y_{30} = 1$
2. $y_{10} + y_{11} + y_{12} - (0.25 y_{20} + 0.1 y_{21}) = 0$
3. $y_{20} + y_{21} - (0.5 y_{10} + y_{11} + 0.5 y_{12} + 0.5 y_{20} + 0.2 y_{21} + 0.2 y_{30}) = 0$
4. $y_{30} - (0.5 y_{10} + 0.5 y_{12} + 0.25 y_{20} + 0.7 y_{21} + 0.8 y_{30}) = 0$
5. $0 \leq y_{10} + y_{11} + y_{12} + y_{20} + y_{21} + y_{30} \leq 1$

Untuk mempermudah penyelesaian persamaan di atas, maka dipergunakan fasilitas *Software QM*. Dengan menggunakan bantuan *Software QM*, maka input yang dilakukan adalah sebagai berikut:

Tabel 4.29 *Input Linear Programming* Bagian Pengolahan Shift 3

	y10	y11	y12	y20	y21	y30		RHS
Minimize	1,436,400.	1,088,200	740,000.	718,200.	370,000.	0.		
Constraint 1	1.	1	1.	1.	1.	1.	=	1
Constraint 2	1.	1	1.	-0.25	-0.1	0.	=	0
Constraint 3	-0.5	-1	-0.5	0.5	0.8	-0.2	=	0
Constraint 4	-0.5	0	-0.5	-0.25	-0.7	0.2	=	0

Dengan menggunakan *software QM* diperoleh *output* penyelesaian sebagai berikut:

Tabel 4.30 *Results* Bagian Pengolahan Shift 3

	y10	y11	y12	y20	y21	y30		RHS	Dual
Minimize	1,436,400.	1,088,200.	740,000.	718,200.	370,000.	0.			
Constraint 1	1.	1.	1.	1.	1.	1.	=	1.	-91,546.4
Constraint 2	1.	1.	1.	-0.25	-0.1	0.	=	0.	-877,319.6
Constraint 3	-0.5	-1.	-0.5	0.5	0.8	-0.2	=	0.	-457,732.
Constraint 4	-0.5	0.	-0.5	-0.25	-0.7	0.2	=	0.	0.
Solution->	0.	0.	0.0206	0.	0.2062	0.7732		91,546.4	

Tabel 4.31 *Solution List* Bagian Pengolahan Shift 3

Bagian Pengolahan shift 3 solution		
Variable	Status	Value
y10	NONBasic	0.
y11	NONBasic	0.
y12	Basic	0.0206
y20	NONBasic	0.
y21	Basic	0.2062
y30	Basic	0.7732
artfcl 1	NONBasic	0.
artfcl 2	NONBasic	0.
artfcl 3	NONBasic	0.
artfcl 4	Basic	0.
Optimal Value (Z)		91,546.4

7. Menentukan Keputusan Optimal dan Analisa Hasil Perhitungan

Dari hasil output, dapat diketahui bahwa beberapa nilai menunjukkan solusi yang tidak fisibel, sehingga hanya variabel-variabel keputusan yang fisibel saja yang akan digunakan untuk analisa lebih lanjut. Selanjutnya dengan mengaplikasikan persamaan (3-15) sebagai berikut :

$$D_{ik} = \frac{y_{ik}}{\pi_i} = \frac{y_{ik}}{\sum_{k=0}^K y_{ik}}$$

Maka didapat variabel keputusan untuk bagian pengolahan *Shift* 3 yaitu :

Tabel 4.32 Keputusan untuk Tiap Keadaan Bagian Pengolahan *Shift* 3

i/j	0	1	2
29(1)	0	0	1
30(2)	0	1	0
31(3)	1	0	0

Dari tabel 4.32 di atas terlihat bahwa keputusan optimal untuk tiap keadaan berbeda-beda. Keputusan untuk keadaan tingkat persediaan tenaga kerja 29(1) adalah merekrut 2 orang, keadaan tingkat persediaan tenaga kerja 30(2) adalah merekrut 1 orang dan keadaan tingkat persediaan tenaga kerja 31(3) adalah tidak melakukan apapun. Disini terlihat keputusan untuk tiap keadaan selalu membawa keadaan tingkat persediaan tenaga kerja yang terjadi menuju keadaan tingkat persediaan tenaga kerja 31(3). Ini berarti keadaan tingkat persediaan tenaga kerja 32(3) adalah tingkat

persediaan tenaga kerja yang optimal dengan biaya tenaga kerja harapan rata-rata jangka panjang yang terjadi adalah sebesar Rp 91.546,-.

4.5 Sensitivitas

Melalui analisa sensitivitas dapat dievaluasi pengaruh perubahan-perubahan parameter dengan sedikit tambahan perhitungan berdasarkan tabel simpleks optimum.

4.5.1 Shift 1

Analisis Sensitivitas ini dilakukan dengan mengelompokkan perubahan-perubahan parameter. Berdasarkan tabel 4.33 nilai BV [y_{21} , y_{12} , y_{30} , dan R_4] dan nilai HBV adalah [y_{10} , y_{11} , y_{20} , R_1 , R_2 dan R_3].

Tabel 4.33 Output Bagian Pengolahan Shift 1

Bagian Pengolahan Shift 1 Solution												
Cj	Basic Variables	1436400 y_{10}	1088200 y_{11}	740000 y_{12}	718200 y_{20}	370000 y_{21}	0 y_{30}	0 artfcl 1	0 artfcl 2	0 artfcl 3	0 artfcl 4	Quantity
Iteration 8												
370,000	y_{21}	0.	-0.842	0.	1.	1.	0.	0.2108	-0.3161	1.2623	0.	0.2108
740,000	y_{12}	1.	0.3688	1.	0.	0.	0.	0.158	1.2623	0.9463	0.	0.158
0	y_{30}	0.	1.4731	0.	0.	0.	1.	0.6312	-0.9463	-2.2086	0.	0.6312
0	artfcl 4	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	1.	1.	1.	0.
	zj	2,132,800.	2,214,991.	740,000.	1,066,400.	370,000.	0.	-194,939.6	-817,182.1	-1,167,303.	0.	194,939.587
	cj-zj	-696,400.	-1,126,791.0018	0.	-348,200.	0.	0.	194,939.587	817,182.0338	1,167,302.8587	0.	

Untuk Shift 1 fungsi tujuannya adalah sebagai berikut:

$$\text{Minimasi } TC = 1.436.400 y_{10} + 1.088.200 y_{11} + 740.000 y_{12} + 718.200 y_{20} + 370.000$$

$$y_{21} + 0 y_{30} = 1$$

Peluang peralihan dengan batasan untuk Shift 1 sebagai berikut:

1. $y_{10} + y_{11} + y_{12} + y_{20} + y_{21} + y_{30} = 1$
2. $y_{10} + y_{11} + y_{12} - (0.333 y_{10} + 0.333 y_{11} + 0.333 y_{12} + 0.5 y_{20} + 0.5 y_{21}) = 0$
3. $y_{20} + y_{21} - (0.667 y_{11} + 0.5 y_{20} + 0.5 y_{21} + 0.167 y_{30}) = 0$
4. $y_{30} - (0.667 y_{10} + 0.667 y_{12} + 0.833 y_{30}) = 0$
5. $0 \leq y_{10} + y_{11} + y_{12} + y_{20} + y_{21} + y_{30} \leq 1$

- a. Perubahan koefisien fungsi tujuan dari varioabel non basis

Dalam kombinasi jumlah tenaga kerja optimum, dimana y_{21} , y_{12} , y_{30} , dan R_4 merupakan koefisien fungsi tujuan non basis dengan nilai $c_{21}(y_{21}) = 370,000$ pada $c_{12}(y_{12}) = 740,000$ pada $c_{30}(y_{30}) = 0$ dan R_4 bernilai 0. Jika c_{21} berubah, nilai koefisien persamaan Z dari variabel non basis $c_{21}(y_{21})$ pada tabel optimum turut berubah. Jika perubahan c_{21} menjadi $(370,000 + \Delta)$, tidak mengubah harga B^{-1} dan

b. Karena itu, ruas kanan untuk tabel BV (*variabel basic*), yaitu B^{-1} dan b , tidak berubah sehingga BV tetap fesibel. Karena c_{21} adalah variabel non basis, maka C_{BV} juga tidak akan berubah. Variabel yang koefisiennya basisnya 0 akan berubah karena perubahan c_{21} adalah y_{21} .

$$\begin{aligned} C_{BV} B^{-1} &= [y_{21} \quad y_{12} \quad y_{30} \quad R_4] \\ &= [370,000 \quad 740,000 \quad 0 \quad 0] \begin{bmatrix} 0.2108 & -0.3161 & 1.2623 & 0 \\ 0.158 & 1.2623 & 0.9463 & 0 \\ 0.6312 & -0.9463 & -2.2086 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \\ &= [896,880 \quad -235,468 \quad 0 \quad 0] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} y_{21}(\hat{c}_{21}) &= [896,880 \quad -235,468 \quad 0 \quad 0] \begin{bmatrix} 1 \\ -0.5 \\ 0.5 \\ 0 \end{bmatrix} - (370,000 + \Delta) \\ &= 1,014,614 - 370,000 - \Delta \\ &= 644,614 - \Delta \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} y_{12}(\hat{c}_{12}) &= [896,880 \quad -235,468 \quad 0 \quad 0] \begin{bmatrix} 1 \\ 0.667 \\ 0 \\ -0.667 \end{bmatrix} - (740,000 + \Delta) \\ &= 739,822.8 - 740,000 - \Delta \\ &= 177.16 - \Delta \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} y_{30}(\hat{c}_{30}) &= [896,880 \quad -235,468 \quad 0 \quad 0] \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ -0.167 \\ 0.167 \end{bmatrix} - (0 + \Delta) \\ &= 896,880 - 0 - \Delta \\ &= 896,880 - \Delta \end{aligned}$$

Agar \hat{c}_{21} , \hat{c}_{12} , dan $\hat{c}_{30} > 0$ dan BV tetap optimal, maka $\Delta_{21} \leq 644,614$ pada $\Delta_{12} \leq 177.16$ dan $\Delta_{30} \leq 896,880$.

b. Perubahan koefisien fungsi tujuan dari variabel basis

Dalam kombinasi jumlah tenaga kerja optimum, dimana y_{10} , y_{11} , y_{20} , R_1 , R_2 dan R_3 merupakan koefisien fungsi tujuan basis dengan nilai $c_{10}(y_{10}) = 1,436,400$ pada $c_{11}(y_{11}) = 1,088,200$ dan $c_{20}(y_{20}) = 718,200$. Jika c_{10} berubah, nilai koefisien persamaan Z dari variabel basis $y_{10}(c_{10})$ pada tabel optimum turut berubah. Jika perubahan c_{10} menjadi $(1,088,200 + \Delta)$, tidak mengubah harga B^{-1} dan b. Karena itu, ruas kanan untuk tabel BV (*variabel basic*), yaitu B^{-1} dan b, tidak berubah sehingga BV tetap feasible. Karena c_{10} adalah variabel basis, maka C_{BV} juga tidak akan berubah. Variabel yang koefisiennya basisnya 0 akan berubah karena perubahan c_{10} adalah y_{10} .

$$\begin{aligned} C_{BV} B^{-1} &= [y_{10} \quad y_{11} \quad y_{20} \quad R_1 \quad R_2 \quad R_3] \\ &= [1,436,400 + \Delta \quad 1,088,200 \quad 718,200 \quad 0] \begin{bmatrix} 0.2108 & -0.3161 & 1.2623 & 0 \\ 0.158 & 1.2623 & 0.9463 & 0 \\ 0.6312 & -0.9463 & -2.2086 & 0 \end{bmatrix} \\ &= [928,056.6 + 0.2108\Delta \quad 239,956.2 - 0.3161\Delta \quad 1,256,715 + 1.2623\Delta \quad 0] \end{aligned}$$

Koefisien basis 0 menjadi:

$$\begin{aligned} y_{10}(\hat{c}_{10}) &= C_{BV} B^{-1} a_{10} - c_{10} \\ &= [928,056.6 + 0.2108\Delta \quad 239,956.2 - 0.3161\Delta \quad 1,256,715 + 1.2623\Delta \quad 0] \begin{bmatrix} 1 \\ 0.667 \\ 0 \\ -0.667 \end{bmatrix} - 1,436,400 \\ &= \begin{bmatrix} 928,056.6 + 0.2108\Delta \\ 160,050.7 + 0.210839\Delta \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} - 1,436,400 \\ &= -348,293 + 0.42164\Delta \end{aligned}$$

$$y_{11}(\hat{c}_{11}) = C_{BV} B^{-1} a_{11} - c_{11}$$

$$= \begin{bmatrix} 928,056.6 + 0.2108\Delta & 239,956.2 - 0.3161\Delta & 1,256,715 + 1.2623\Delta & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ 0.667 \\ -0.667 \\ 0 \end{bmatrix} - 1,088,200$$

$$= \begin{bmatrix} 928,056.6 + 0.2108\Delta \\ 160,050.7 + 0.2108\Delta \\ -838,228.9 + 0.8419\Delta \\ 0 \end{bmatrix} - 1,088,200$$

$$= [249,878.48 - 0.84199 \Delta] - 1,088,200$$

$$= 838,321.5 - 0.84199 \Delta$$

$$y_{20}(\hat{c}_{20}) = C_{BV} B^{-1} a_{20} - c_{20}$$

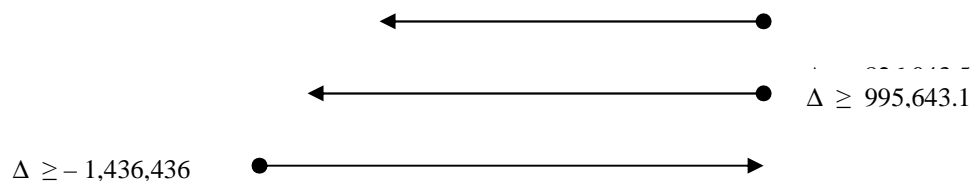
$$= \begin{bmatrix} 928,056.6 + 0.2108\Delta & 239,956.2 - 0.3161\Delta & 1,256,715 + 1.2623\Delta & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ -0.5 \\ 0.5 \\ 0 \end{bmatrix} - 0$$

$$= \begin{bmatrix} 928,056.6 + 0.2108\Delta \\ 119,978.1 + 0.15805\Delta \\ 628,357.5 + 0.63115\Delta \\ 0 \end{bmatrix} - 0$$

$$= 1,436,436 + \Delta$$

Dengan demikian BV \hat{c}_{10} akan tetap optimal jika $\Delta \leq 826,043.5$ pada BV \hat{c}_{11} akan tetap optimal jika $\Delta \leq 995,643.1$ dan BV \hat{c}_{20} akan tetap optimal jika $\Delta \geq -1,436,436$.

Hal ini berarti bahwa solusi basis saat ini akan tetap optimal sepanjang $\Delta \leq 826,043.5$ dan $\Delta \geq 995,643.1$ dan $\Delta \geq -1,436,436$. Jika digambarkan, daerah harga-harga c_{10} yang menyebabkan solusi basis saat ini tetap optimal adalah sebagai berikut:



4.5.2 Shift 2

Analisis Sensitivitas ini dilakukan dengan mengelompokkan perubahan-perubahan parameter. Berdasarkan tabel 4.34 nilai BV [y_{20} , y_{11} dan R_3] dan nilai HBV adalah [y_{10} , R_1 , dan R_2].

Tabel 4. 34 Output Bagian Pengolahan Shift 2

Iterations								
Bagian Pengolahan Shift 2 Solution								
Cj	Basic Variables	718200 y_{10}	370000 y_{11}	0 y_{20}	0 artfcl 1	0 artfcl 2	0 artfcl 3	Quantity
Iteration 5								
0	y_{20}	0.	0.	1.	0.1817	-1.6367	0.	0.1817
370,000	y_{11}	1.	1.	0.	0.8183	1.6367	0.	0.8183
0	artfcl 3	0.	0.	0.	0.	1.	1.	0.
	zj	1,066,400.	370,000.	0.	-302,782.3	-605,564.5	0.	302,782.3391
	cj-zj	-348,200.	0.	0.	302,782.3391	605,564.5049	0.	

Untuk shift 2 fungsi tujuannya adalah sebagai berikut:

$$\text{Minimasi } TC = 718.200 y_{10} + 370.000 y_{11} + 0 y_{20} = 1$$

Peluang peralihan dengan batasan untuk Shift 2 sebagai berikut:

1. $y_{10} + y_{11} + y_{20} = 1$
2. $y_{10} + y_{11} - (0.889 y_{10} + 0.889 y_{11} + 0.5 y_{20}) = 0$
3. $y_{20} - (0.111 y_{10} + 0.111 y_{11} + 0.5 y_{20}) = 0$
4. $0 \leq y_{10} + y_{11} + y_{20} \leq 1$

- a. Perubahan koefisien fungsi tujuan dari variabel non basis

Dalam kombinasi jumlah tenaga kerja optimum, dimana y_{20} , y_{11} , dan R_3 merupakan koefisien fungsi tujuan non basis dengan nilai $c_{20}(y_{20}) = 0$ pada $c_{11}(y_{11}) = 370,000$ dan R_3 bernilai 0. Jika c_{11} berubah, nilai koefisien persamaan z dari variabel non basis $c_{11}(y_{11})$ pada tabel optimum turut berubah. Jika perubahan c_{11} menjadi $(370,000 + \Delta)$, tidak mengubah harga B^{-1} dan b. Karena itu, ruas kanan untuk tabel BV (*variabel basic*), yaitu B^{-1} dan b, tidak berubah sehingga BV tetap fesibel. Karena c_{11} adalah variabel non basis, maka C_{BV} juga tidak akan berubah. Variabel yang koefisiennya basisnya 0 akan berubah karena perubahan c_{11} adalah y_{11} .

$$\begin{aligned}
C_{BV} B^{-1} &= [y_{20} \quad y_{11} \quad R_4] \\
&= [0 \quad 370,000 \quad 0] \begin{bmatrix} 0.1817 & -1.6367 & 0 \\ 0.8183 & 1.6367 & 0 \\ 0 & 1 & 1 \end{bmatrix} \\
&= [302,771 \quad 605,579 \quad 0]
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
y_{20}(\hat{c}_{20}) &= [302,771 \quad 605,579 \quad 0] \begin{bmatrix} 1 \\ -0.5 \\ 0.5 \end{bmatrix} - (0 + \Delta) \\
&= 302,771 - 302,790 - \Delta \\
&= -18.5 - \Delta
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
y_{11}(\hat{c}_{11}) &= [302,771 \quad 605,579 \quad 0] \begin{bmatrix} 1 \\ 0.111 \\ -0.111 \end{bmatrix} - (370,000 + \Delta) \\
&= 739,822.8 - 740,000 - \Delta \\
&= 177.16 - \Delta
\end{aligned}$$

Agar \hat{c}_{20} , dan $\hat{c}_{11} > 0$ dan BV tetap optimal, maka $\Delta_{20} \leq -18.5$ pada dan $\Delta_{11} \leq 177.16$.

b. Perubahan koefisien fungsi tujuan dari variabel basis

Dalam kombinasi jumlah tenaga kerja optimum, dimana y_{10} , R_1 , dan R_2 merupakan koefisien fungsi tujuan basis dengan nilai $c_{10}(y_{10}) = 718,200$. Jika c_{10} berubah, nilai koefisien persamaan Z dari variabel basis $y_{10}(c_{10})$ pada tabel optimum turut berubah. Jika perubahan c_{10} menjadi $(718,200 + \Delta)$, tidak mengubah harga B^{-1} dan b. Karena itu, ruas kanan untuk tabel BV (*variabel basic*), yaitu B^{-1} dan b, tidak berubah sehingga BV tetap fesibel. Karena c_{10} adalah variabel basis, maka C_{BV} juga tidak akan berubah. Variabel yang koefisiennya basisnya 0 akan berubah karena perubahan c_{10} adalah y_{10} .

$$\begin{aligned}
C_{BV} B^{-1} &= [y_{10} \quad R_1 \quad R_2] \\
&= [718,200 + \Delta \quad 0 \quad 0] \begin{bmatrix} 0.1817 & -1.6367 & 0 \\ 0.8183 & 1.6367 & 0 \\ 0 & 1 & 1 \end{bmatrix} \\
&= [130,496.9 + 0.1817\Delta \quad -1,175,478 - 1.6367\Delta \quad 0]
\end{aligned}$$

Koefisien basis 0 menjadi:

$$\begin{aligned}
y_{10}(\hat{c}_{10}) &= C_{BV} B^{-1} a_{10} - c_{10} \\
&= [130,496.9 + 0.1817\Delta \quad -1,175,478 - 1.6367\Delta \quad 0] \begin{bmatrix} 1 \\ 0.111 \\ -0.111 \end{bmatrix} - 718,200 \\
&= \begin{bmatrix} 130,496.9 + 0.1817\Delta \\ -1,175,478 - 1.6367\Delta \\ 0 \end{bmatrix} - 718,200 \\
&= -718,181.2 + 0.00001 \Delta
\end{aligned}$$

Dengan demikian BV \hat{c}_{10} akan tetap optimal jika $\Delta \leq 7,181,812,000$. Hal ini berarti bahwa solusi basis saat ini akan tetap optimal sepanjang $\Delta \leq 7,181,812$.

4.5.3 Shift 3

Analisis Sensitivitas ini dilakukan dengan mengelompokkan perubahan-perubahan parameter. Berdasarkan tabel 4.35 nilai BV [y_{30} , y_{20} , y_{11} , dan R_4] dan nilai HBV adalah [y_{10} , y_{12} , y_{21} , R_1 , R_2 dan R_3].

Tabel 4.35 Output Bagian Pengolahan Shift 3

Iterations												
Bagian Pengolahan Shift 3 Solution												
Cj	Basic Variables	1436400 y10	1088200 y11	740000 y12	718200 y20	370000 y21	0 y30	0 artfcl 1	0 artfcl 2	0 artfcl 3	0 artfcl 4	Quantity
Iteration 8												
0	y30	0.	0.567	0.	0.5412	0.	1.	0.7732	-1.3402	-1.134	0.	0.7732
370,000	y21	0.	-0.5155	0.	0.6443	1.	0.	0.2062	0.3093	1.0309	0.	0.2062
740,000	y12	1.	0.9485	1.	-0.1856	0.	0.	0.0206	1.0309	0.1031	0.	0.0206
0	artfcl 4	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	1.	1.	1.	0.
	zj	2,132,800.	1,665,266.	740,000.	1,335,318.	370,000.	0.	-91,546.4	-877,319.6	-457,732.	0.	91,546.3963
	cj-zj	-696,399.9854	-577,065.9727	0.	-617,117.5178	0.	0.	91,546.3963	877,319.6056	457,731.9746	0.	

Untuk Shift 3 fungsi tujuannya adalah sebagai berikut:

$$\text{Minimasi } TC = 1.436.400 y_{10} + 1.088.200 y_{11} + 740.000 y_{12} + 718.200 y_{20} + 370.000$$

$$y_{21} + 0 y_{30} = 1$$

Peluang peralihan dengan batasan untuk Shift 3 sebagai berikut:

1. $y_{10} + y_{11} + y_{12} + y_{20} + y_{21} + y_{30} = 1$
2. $y_{10} + y_{11} + y_{12} - (0.25 y_{20} + 0.1 y_{21}) = 0$
3. $y_{20} + y_{21} - (0.5 y_{10} + y_{11} + 0.5 y_{12} + 0.5 y_{20} + 0.2 y_{21} + 0.2 y_{30}) = 0$
4. $y_{30} - (0.5 y_{10} + 0.5 y_{12} + 0.25 y_{20} + 0.7 y_{21} + 0.8 y_{30}) = 0$
5. $0 \leq y_{10} + y_{11} + y_{12} + y_{20} + y_{21} + y_{30} \leq 1$

- a. Perubahan koefisien fungsi tujuan dari variabel non basis

Dalam kombinasi jumlah tenaga kerja optimum, dimana y_{30} , y_{20} , y_{11} , dan R_4 merupakan koefisien fungsi tujuan non basis dengan nilai $c_{30}(y_{30}) = 0$ pada $c_{20}(y_{20}) = 718,200$ pada $c_{11}(y_{11}) = 1,088,200$ dan R_4 bernilai 0. Jika c_{30} berubah, nilai koefisien persamaan Z dari variabel non basis $c_{30}(y_{30})$ pada tabel optimum turut berubah. Jika perubahan c_{30} menjadi $(0 + \Delta)$, tidak mengubah harga B^{-1} dan b. Karena itu, ruas kanan untuk tabel BV (*variabel basic*), yaitu B^{-1} dan b, tidak berubah sehingga BV tetap fesibel. Karena c_{30} adalah variabel non basis, maka C_{BV} juga tidak akan berubah. Variabel yang koefisiennya basisnya 0 akan berubah karena perubahan c_{30} adalah y_{30} .

$$\begin{aligned} C_{BV} B^{-1} &= [y_{30} \quad y_{20} \quad y_{11} \quad R_4] \\ &= [0 \quad 718,200 \quad 1,088,200 \quad 0] \begin{bmatrix} 0.5 & -3 & -2.5 & 0 \\ 0.4 & 1.6 & 2 & 0 \\ 0.1 & 1.4 & 0.5 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \\ &= [396,100 \quad 2,672,600 \quad 1,980,500 \quad 0] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} y_{30}(\hat{c}_{30}) &= [396,100 \quad 2,672,600 \quad 1,980,500 \quad 0] \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ -0.2 \\ 0.2 \end{bmatrix} - (0 + \Delta) \\ &= 0 - \Delta \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} y_{20}(\hat{c}_{20}) &= [396,100 \quad 2,672,600 \quad 1,980,500 \quad 0] \begin{bmatrix} 1 \\ -0.25 \\ 0.5 \\ -0.25 \end{bmatrix} - (718,200 + \Delta) \\ &= 718,200 - 718,200 - \Delta \\ &= 0 - \Delta \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} y_{11}(\hat{c}_{11}) &= [396,100 \quad 2,672,600 \quad 1,980,500 \quad 0] \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ -1 \\ 0 \end{bmatrix} - (1,088,200 + \Delta) \\ &= 1,088,200 - 1,088,200 - \Delta \\ &= 0 - \Delta \end{aligned}$$

Agar \hat{c}_{30} , \hat{c}_{20} , dan $\hat{c}_{11} > 0$ dan BV tetap optimal, maka Δ_{21} , Δ_{12} , dan $\Delta_{30} \leq 0$.

b. Perubahan koefisien fungsi tujuan dari variabel basis

Dalam kombinasi jumlah tenaga kerja optimum, dimana y_{10} , y_{12} , y_{21} , R_1 , R_2 dan R_3 merupakan koefisien fungsi tujuan basis dengan nilai $c_{10}(y_{10}) = 1,436,400$ pada $c_{12}(y_{12}) = 740,000$ dan $c_{21}(y_{21}) = 370,000$. Jika c_{10} berubah, nilai koefisien persamaan Z dari variabel basis $y_{10}(c_{10})$ pada tabel optimum turut berubah. Jika perubahan c_{10} menjadi $(1,088,200 + \Delta)$, tidak mengubah harga B^{-1} dan b. Karena itu, ruas kanan untuk tabel BV (*variabel basic*), yaitu B^{-1} dan b, tidak berubah sehingga BV tetap fesibel. Karena c_{10} adalah variabel basis, maka C_{BV} juga tidak akan berubah. Variabel yang koefisiennya basisnya 0 akan berubah karena perubahan c_{10} adalah y_{10} .

$$\begin{aligned} C_{BV} B^{-1} &= [y_{10} \quad y_{12} \quad y_{21} \quad R_1 \quad R_2 \quad R_3] \\ &= [1,436,400 + \Delta \quad 740,000 \quad 370,000 \quad 0] \begin{bmatrix} 0.5 & -3 & -2.5 & 0 \\ 0.4 & 1.6 & 2 & 0 \\ 0.1 & 1.4 & 0.5 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \\ &= [1,051,200 + 0.5\Delta \quad -3,088,200 - 3\Delta \quad -1,926,000 - 2.5 \quad 0] \end{aligned}$$

Koefisien basis 0 menjadi:

$$\begin{aligned} y_{10}(\hat{c}_{10}) &= C_{BV} B^{-1} a_{10} - c_{10} \\ &= [1,051,200 + 0.5\Delta \quad -3,088,200 - 3\Delta \quad -1,926,000 - 2.5 \quad 0] \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ -0.5 \\ -0.5 \end{bmatrix} - 1,436,400 \\ &= \begin{bmatrix} 1,051,200 + 0.5\Delta \\ -3,088,200 - 3\Delta \\ 963,000 + 1.25\Delta \\ 0 \end{bmatrix} - 1,436,400 \\ &= -2,510,400 - 1.25\Delta \end{aligned}$$

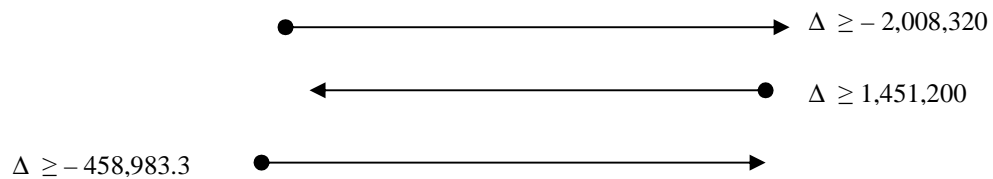
$$y_{12}(\hat{c}_{12}) = C_{BV} B^{-1} a_{12} - c_{12}$$

$$\begin{aligned} &= [1,051,200 + 0.5\Delta \quad -3,088,200 - 3\Delta \quad -1,926,000 - 2.5 \quad 0] \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ -0.5 \\ -0.5 \end{bmatrix} - 740,000 \\ &= \begin{bmatrix} 1,051,200 + 0.5\Delta \\ -3,088,200 - 3\Delta \\ 963,000 + 1.25\Delta \\ 0 \end{bmatrix} - 740,000 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= 1,814,000 - 1.25 \Delta \\
y_{21}(\hat{c}_{21}) &= C_{BV} B^{-1} a_{21} - c_{21} \\
&= [1,051,200 + 0.5\Delta \quad -3,088,200 - 3\Delta \quad -1,926,000 - 2.5 \quad 0] \begin{bmatrix} 1 \\ -0.1 \\ 0.8 \\ -0.7 \end{bmatrix} - 370,000 \\
&= \begin{bmatrix} 1,051,200 + 0.5\Delta \\ 308,820 + 0.3\Delta \\ -1,540,800 - 2\Delta \\ 0 \end{bmatrix} - 370,000 \\
&= -550,780 - 1.2 \Delta
\end{aligned}$$

Dengan demikian BV \hat{c}_{10} akan tetap optimal jika $\Delta \geq -2,008,320$ pada BV \hat{c}_{12} akan tetap optimal jika $\Delta \geq 1,451,200$ dan BV \hat{c}_{21} akan tetap optimal jika $\Delta \geq -458,983.3$.

Hal ini berarti bahwa solusi basis saat ini akan tetap optimal sepanjang $\Delta \geq -2,008,320$ dan $\Delta \geq 1,451,200$ dan $\Delta \geq -458,983.3$. Jika digambarkan, daerah harga-harga c_{10} yang menyebabkan solusi basis saat ini tetap optimal adalah sebagai berikut:



BAB V ANALISA

5.1 Pembahasan Tingkat Persediaan Tenaga Kerja.

Dalam suatu perusahaan tenaga kerja merupakan sumber daya yang penting dalam usaha mencapai keberhasilan. Tenaga kerja merupakan salah satu unsur masukan (*input*) primer yang bersama unsur lainnya seperti bahan baku, mesin dan teknologi diubah dalam suatu proses manajemen menjadi keluaran (*output*) berupa barang atau jasa dalam mencapai tujuan perusahaan. Sebagai perusahaan di bidang pengolahan kelapa sawit, PT Tasma puja menghasilkan produksi CPO. Produksi dilakukan pada setiap harinya. Jumlah produksi CPO yang dihasilkan oleh perusahaan tidak sama pada setiap bulannya. Rata-rata mereka berproduksi setiap bulannya 9.435.980-14.191.950 ton. Dalam melaksanakan kegiatan operasinya, PT. Tasma puja menggunakan tenaga kerja tetap dengan jumlah tenaga kerja 152 orang, yang terdiri dari bagian pengolahan berjumlah 96 orang. Pada bagian pengolahan ini tenaga kerjanya terbagi atas tiga *shift*, setiap *shift* nya terdiri dari 29-32 orang yang bekerja pada bagiannya masing-masing. Apabila dari tenaga kerja di bagian pengolahan ada yang tidak masuk bekerja maka akan terjadi kekurangan dan menyebabkan terganggu jalannya proses produksi.

Untuk menangani permasalahan ini biasanya pihak perusahaan mengambil kebijakan dengan mencari penambahan tenaga kerja dari bagian lainnya, misalnya pada bagian administrasi, *workshop*, dan keamanan. Jika hal ini terus terjadi maka akan mengganggu aktifitas kerja pada bagian yang ditinggalkan. Sehingga perusahaan perlu melakukan perencanaan kebutuhan tenaga kerja yang digunakan, sehingga nantinya tidak terjadi kekurangan dan kelebihan tenaga kerja yang bisa menyebabkan kerugian bagi perusahaan.

Variasi Jumlah Tenaga kerja pada bagian pengolahan di PT. Tasma puja Kampar pada tahun 2008 dari bulan Januari-Desember dapat dilihat pada tabel 5.1 berikut:

Tabel 5.1 Jumlah Tenaga Kerja Bagian Pengolahan

Bagian	Jumlah Tenaga Kerja											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Juli	Agst	Sept	Okt	Nop	Des

Pengolahan Shift 1	30	32	32	32	31	31	30	30	32	32	32	32
Pengolahan Shift 2	31	31	31	31	31	32	32	31	31	31	31	31
Pengolahan Shift 2	29	31	31	30	30	30	29	30	31	31	31	31

Dari tabel 5.1 di atas dapat dilihat variasi tingkat persediaan tenaga kerja per bagian pada PT. Tasma puja Kampar. Variasi tingkat persediaan tenaga kerja ini menentukan jumlah keadaan (*states*) dan peluang peralihan antara keadaan.

Pada bagian pengolahan *shift* 1, pengolahan *shift* 2, pengolahan *shift* 3 memiliki variasi sedang dan jumlah selisih antara tingkat persediaan yang sama, dapat langsung ditentukan jumlah keadaannya dari jumlah variasi keadaan yang ada dan jumlah jenis keputusan yang mungkin relatif kecil.

Keadaan untuk bagian-bagian itu dapat dilihat pada tabel 5.2 berikut:

Tabel 5.2 Keadaan Bagian yang Bervariasi Sederang

Bagian	Keadaan			Jumlah Keadaan
Pengolahan shift 1	30	31	32	3
Pengolahan shift 2	31	32		2
Pengolahan shift 3	29	30	31	3

5.2 Pembahasan Pengaruh Biaya Tenaga Kerja Dan Peluang Keadaan Tetap Terhadap Keputusan Optimal.

Dalam perencanaan jumlah tenaga kerja dengan proses Markov Pada PT. Tasma puja berkaitan dengan beberapa biaya yaitu biaya perekrutan, biaya *backorder*. Biaya yang terjadi bervariasi sesuai dengan pasangan keadaan dan keputusan. Biaya yang terjadi tersebut merupakan jumlah dari biaya perekrutan, biaya *backorder*. Pada PT. Tasma puja Kampar, komponen biaya yang terlibat dapat dilihat pada tabel 5.3 berikut:

Tabel 5.3 Komponen Biaya Perencanaan Tenaga Kerja.

No	Komponen Biaya	Jumlah (per orang)
1	Biaya <i>Rekrutmen</i>	Rp370.000
2	Biaya <i>Backorder</i>	Rp718.200

Pada Tabel 5.3 di atas dapat dilihat biaya *backorder* jauh lebih besar jika dibandingkan dengan biaya perekrutan tenaga kerja menyebabkan keputusan optimal untuk setiap keadaan

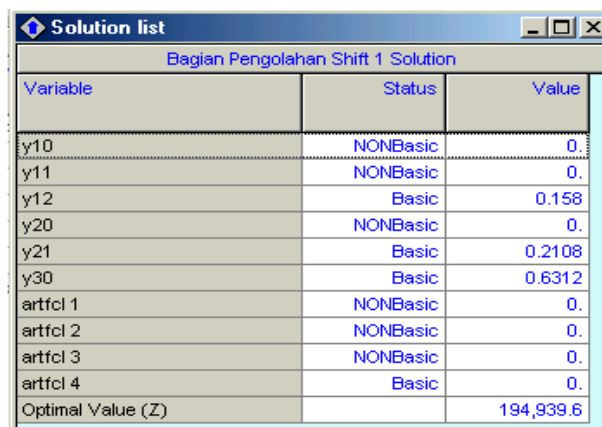
akan cenderung menuju keadaan tingkat persediaan tenaga kerja maksimum. Keputusan optimal hasil perhitungan untuk bagian pengolahan *shift* 1, *shift* 2, dan *shift* 3 selalu membawa tingkat persediaan tenaga kerja yang terjadi menuju keadaan tingkat persediaan tenaga kerja maksimum. Karena dengan melakukan perekrutan tenaga kerja sampai keadaan tingkat persediaan tenaga kerja maksimum akan memberikan biaya yang minimum (biaya *backorder*)

Keputusan optimal untuk setiap keadaan tingkat persediaan tenaga kerja selain dipengaruhi oleh biaya tenaga kerja juga dipengaruhi oleh peluang keadaan tetap (*Steady-state*) bahwa sistem akan berada pada keadaan tingkat persediaan tenaga kerja i dan keputusan k diambil (y_{ik}).

5.3 Pembahasan Rantai Markov Dengan Metode *Linear Programming*

Dalam menentukan keputusan optimal untuk tiap keadaan tingkat persediaan tenaga kerja dengan menggunakan metode *linear programming*, dapat dilihat dalam *output* *sofwer* QM pada tabel dibawah ini.

Tabel 5.4 *Solution List* Bagian Pengolahan *Shift* 1



Variable	Status	Value
y10	NONBasic	0.
y11	NONBasic	0.
y12	Basic	0.158
y20	NONBasic	0.
y21	Basic	0.2108
y30	Basic	0.6312
artfcl 1	NONBasic	0.
artfcl 2	NONBasic	0.
artfcl 3	NONBasic	0.
artfcl 4	Basic	0.
Optimal Value (Z)		194,939.6

Dari tabel di atas dapat dilihat pada *Shift* 1. Keadaan y_{12} memberikan peluang terjadinya keadaan jumlah tenaga kerja 30 dengan keputusan penambahan tenaga kerja 2 orang dengan peluang sebesar 0.158. Keadaan y_{21} memberikan peluang terjadinya keadaan jumlah tenaga kerja 31 dengan keputusan penambahan tenaga kerja 1 orang dengan peluang sebesar 0.2108, dan keadaan y_{30} memberikan peluang terjadinya keadaan jumlah tenaga kerja 32 dengan keputusan tidak melakukan penambahan tenaga kerja sebesar 0.6312. Berdasarkan nilai peluang yang ada, maka dapat diambil keputusan yang terbaik adalah tidak melakukan penambahan tenaga kerja, dengan jumlah tenaga kerja optimal adalah 32 orang dan biaya yang dikeluarkan sebesar Rp 194.939,6.

Tabel 5.5 *Solution List* Bagian Pengolahan Shift 2

Bagian Pengolahan Shift 2 Solution		
Variable	Status	Value
y10	NONBasic	0.
y11	Basic	0.8183
y20	Basic	0.1817
artfcl 1	NONBasic	0.
artfcl 2	NONBasic	0.
artfcl 3	Basic	0.
Optimal Value (Z)		302,782.3

Dari tabel di atas dapat dilihat pada Shift 2, keadaan y_{11} memberikan peluang terjadinya keadaan jumlah tenaga kerja 31 dengan keputusan penambahan tenaga kerja 1 orang dengan peluang sebesar 0.8183. Dan keadaan y_{20} memberikan peluang terjadinya keadaan jumlah tenaga kerja 32 dengan keputusan tidak melakukan penambahan tenaga kerja dengan peluang sebesar 0.1817. Berdasarkan nilai peluang yang ada, maka dapat diambil keputusan yang terbaik adalah melakukan penambahan 1 orang tenaga kerja, sehingga diperoleh jumlah tenaga kerja optimal adalah 32 orang dengan biaya yang dikeluarkan sebesar Rp 302.782,3

Tabel 5.6 *Solution List* Bagian Pengolahan Shift 3

Bagian Pengolahan shift 3 solution		
Variable	Status	Value
y10	NONBasic	0.
y11	NONBasic	0.
y12	Basic	0.0206
y20	NONBasic	0.
y21	Basic	0.2062
y30	Basic	0.7732
artfcl 1	NONBasic	0.
artfcl 2	NONBasic	0.
artfcl 3	NONBasic	0.
artfcl 4	Basic	0.
Optimal Value (Z)		91,546.4

Dari tabel di atas dapat dilihat pada Shift 3. Keadaan y_{12} memberikan peluang terjadinya keadaan jumlah tenaga kerja 29 dengan keputusan penambahan tenaga kerja 2 orang dengan peluang sebesar 0.0206. Keadaan y_{21} memberikan peluang terjadinya keadaan jumlah tenaga kerja 30 dengan keputusan penambahan tenaga kerja 1 orang dengan peluang sebesar 0.2062, dan keadaan y_{30} memberikan peluang terjadinya keadaan jumlah tenaga kerja

31 dengan keputusan tidak melakukan penambahan tenaga kerja dengan peluang sebesar 0.7732. Berdasarkan nilai peluang yang ada, maka dapat diambil keputusan yang terbaik adalah tidak melakukan penambahan tenaga kerja, Sehingga diperoleh jumlah tenaga kerja optimal adalah 31 orang dengan biaya yang dikeluarkan sebesar Rp 91.546,4

5.4 Pembahasan Penerapan Rantai Markov Untuk Perencanaan Jumlah Tenaga Kerja.

Pada penerapan rantai Markov untuk perencanaan tenaga kerja ini menghasilkan kebijakan yang berbeda, untuk bagian pengolahan menghasilkan kebijakan tingkat persediaan tenaga kerja optimal yang berbeda-beda sesuai dengan tingkat persediaan tenaga kerja yang terjadi. *Shift 1* dan *shift 2* jumlah tenaga kerja optimal adalah 32 orang dan *shift 3* adalah 31 orang.

Penerapan proses markov untuk perencanaan jumlah tenaga kerja ini memiliki kelebihan dan kekurangan dalam proses dan hasil perencanaannya. Kelebihan dari penerapan proses markov dalam perencanaan tenaga kerja diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Data yang dibutuhkan dalam perencanaan tenaga kerja dengan menggunakan proses markov tidak banyak, hanya data tingkat persediaan tenaga kerja per periode dan data biaya yang terlibat dalam proses perencanaan tenaga kerja tersebut. Pada perencanaan tenaga kerja ini, data tingkat persediaan tenaga kerja yang dimiliki hanya 1 (satu tahun) yaitu bulan Januari – Desember 2008
2. Proses penyelesaian masalah hanya membutuhkan waktu yang singkat. Pada perencanaan tenaga kerja dengan proses markov ini. Perhitungan yang dilakukan tidak terlalu banyak.

Selain memiliki kelebihan, penerapan proses markov dalam perencanaan tenaga kerja memiliki kekurangan diantaranya sebagai berikut:

1. Untuk perusahaan yang baru berdiri, perencanaan tenaga kerja dengan menggunakan proses markov tidak dapat dilakukan. Hal ini disebabkan dalam proses perencanaan tenaga kerja dengan rantai markov dibutuhkan data jumlah persediaan tenaga kerja.
2. Untuk perusahaan atau bagian dalam perusahaan yang mempunyai variasi jumlah persediaan tenaga kerja dengan selisih yang tidak sama akan menyulitkan dalam menentukan keputusan yang mungkin untuk setiap keadaan.

5.5 Perbandingan Rantai Markov dengan metode kebijakan perusahaan.

Perencanaan tenaga kerja dengan metode analisis kebijakan yang diambil oleh PT. Tasma puja saat ini sangat mempengaruhi kinerja karyawannya. Karena tenaga kerja tidak terfokus dalam menyelesaikan pekerjaannya. Hal ini dipengaruhi oleh kebijakan yang diambil oleh perusahaan yaitu apabila ada tenaga kerja pada bagian pengolahan yang tidak masuk, maka pihak perusahaan mengambil kebijakan dengan mencari pengganti sementara dari bagian lain. Apabila hal ini terus dilakukan oleh perusahaan akan menyebabkan terganggunya pekerjaan bagian yang menggantikan tenaga kerja yang tidak masuk.

Data jumlah tenaga kerja yang diambil pada penelitian ini adalah bukan Januari 2008 sampai dengan bulan Desember 2008, dan hasil dari penelitian ini akan diterpkan pada awal tahun 2009 dan apabila perusahaan ingin mengetahui jumlah tenaga kerja untuk tahun berikutnya akan dilakukan perhitungan ulang dengan data disesuaikan dengan jumlah tenaga kerja pada saat itu.

5.6 Analisis Sensitivitas

Analisis sensitivitas merupakan analisis yang berkaitan dengan perubahan diskrit parameter untuk melihat berapa besar perubahan dapat ditolerir sebelum solusi optimal mulai kehilangan optimalitasnya. Jika suatu perubahan kecil dalam parameter menyebabkan perubahan drastis dalam solusi, dikatakan bahwa solusi adalah sangat sensitif terhadap nilai parameter itu. Sebaliknya, jika perubahan parameter tidak mempunyai pengaruh besar terhadap solusi dikatakan solusi relatif insensitif terhadap nilai itu.

5.6.4 Shift 1

Analisis perubahan-perubahan parameter ini dilakukan secara berkelompok:

- a. Perubahan koefisien fungsi tujuan dari varioabel non basis

Berdasarkan output QM pada tabel 4.13 diketahui bahwa variabel keputusan nonbasis (variabel yang mempunyai nilai nol dalam pemecahan optimal) terdapat pada y_{21} , y_{12} , dan y_{30} . Dari hasil pengolahan data diperoleh BV tetap optimal, maka $\Delta_{21} \leq 644,614$ pada $\Delta_{12} \leq 177.16$ dan $\Delta_{30} \leq 896,880$. Keputusan untuk melakukan perekrutan 1 orang tenaga kerja, dengan biaya rekrutemen 1 orang maka kondisi perusahaan akan tetap optimal dengan kondisi biaya total tenaga kerja $\leq 644,614$. Keputusan untuk tidak melakukan apapun dengan 1 biaya *backorder* 1 orang maka kondisi perusahaan akan tetap optimal untuk biaya total tenaga kerja turun ≤ 177 . Keputusan untuk tidak melakukan apapun yakni tetap menggunakan jumlah tenaga kerja 30 orang, tanpa biaya rekrutemen dan biaya

backorder maka kondisi perusahaan akan tetap optimal untuk biaya total tenaga kerja turun $\leq 896,880$.

b. Perubahan koefisien fungsi tujuan dari variabel basis

Berdasarkan output diketahui bahwa variabel keputusan basis terdapat pada y_{10} , y_{11} , dan y_{20} . Dari hasil pengolahan data diperoleh BV \hat{c}_{10} akan tetap optimal jika $\Delta < 826,043.5$ BV \hat{c}_{11} akan tetap optimal jika $\Delta < 995,643.1$ dan BV \hat{c}_{20} akan tetap optimal jika $\Delta > -1,436,436$ Keputusan untuk melakukan 2 orang biaya *backorder* maka kondisi perusahaan akan tetap optimal untuk biaya total tenaga kerja dikeluarkan $< 826,043.5$. Keputusan untuk melakukan penambahan satu orang tenaga kerja, dengan biaya rekrutmen 1 orang dan biaya *backorder* 1 orang tenaga kerja maka kondisi perusahaan akan tetap optimal untuk biaya total tenaga kerja dikeluarkan $< 995,643.1$ Keputusan untuk melakukan *backorder* 2 orang tenaga kerja mengeluarkan biaya *backorder* maka kondisi perusahaan akan tetap optimal untuk biaya total tenaga kerja dikeluarkan $> -1,436,436$.

5.6.5 Shift 2

Analisis perubahan-perubahan parameter ini dilakukan secara berkelompok:

a. Perubahan koefisien fungsi tujuan dari variabel non basis

Berdasarkan output QM pada tabel 4.22 diketahui bahwa variabel keputusan nonbasis (variabel yang mempunyai nilai nol dalam pemecahan optimal) terdapat pada y_{20} , dan y_{11} . Dari hasil pengolahan data diperoleh BV tetap optimal, maka $\Delta_{20} \leq -18.5$ dan $\Delta_{11} \leq 177.16$. Keputusan untuk tidak melakukan apapun yakni tetap menggunakan jumlah tenaga kerja 31 orang, kondisi perusahaan akan tetap optimal untuk biaya total tenaga kerja dikeluarkan turun ≤ -18.5 . Keputusan untuk melakukan perekrutan 1 orang tenaga kerja, dengan mengeluarkan biaya rekrutmen 1 orang tenaga kerja kondisi perusahaan akan tetap optimal untuk biaya total tenaga kerja dikeluarkan turun ≤ 177.16 .

b. Perubahan koefisien fungsi tujuan dari variabel basis

Berdasarkan output diketahui bahwa variabel keputusan basis terdapat pada y_{10} . Dengan demikian BV \hat{c}_{10} akan tetap optimal jika $\Delta < 7,181,812,000$. Keputusan untuk tidak melakukan apapun maka kondisi perusahaan akan tetap optimal untuk biaya total tenaga kerja dikeluarkan $< 7,181,812,000$ tetapi bila biaya total tenaga kerja $> 7,181,812,000$ maka keputusan tersebut tidak optimal lagi dan menyebabkan kerugian pada perusahaan.

5.6.6 Shift 3

Analisis perubahan-perubahan parameter ini dilakukan secara berkelompok:

a. Perubahan koefisien fungsi tujuan dari variabel non basis

Berdasarkan output QM pada tabel 4.31 diketahui bahwa variabel keputusan nonbasis (variabel yang mempunyai nilai nol dalam pemecahan optimal) terdapat pada y_{30} , y_{20} , dan y_{11} . Dari hasil pengolahan data diperoleh BV tetap optimal, maka Δ_{30} , Δ_{20} dan $\Delta_{11} \leq 0$. Keputusan untuk tidak melakukan apapun yakni tetap menggunakan jumlah tenaga kerja 29 orang, tanpa biaya rekrutmen dan biaya *backorder* maka kondisi perusahaan akan tetap optimal untuk biaya total tenaga kerja tetap tanpa ada penurunan biaya. Keputusan untuk melakukan biaya *backorder* 1 orang maka kondisi perusahaan akan tetap optimal untuk biaya total tenaga kerja tetap tanpa ada penurunan biaya. Keputusan untuk melakukan 1 orang rekrutmen dan dengan biaya rekrutmen 1 orang tenaga kerja dan biaya *backorder* 1 orang maka kondisi perusahaan akan tetap optimal untuk biaya total tenaga kerja tetap tanpa ada penurunan biaya.

b. Perubahan koefisien fungsi tujuan dari variabel basis

Berdasarkan output diketahui bahwa variabel keputusan basis terdapat pada y_{10} , y_{12} , dan y_{21} . Dari hasil pengolahan data diperoleh BV \hat{c}_{10} akan tetap optimal jika $\Delta > -2,008,320$ BV \hat{c}_{12} akan tetap optimal jika $\Delta > 1,451,200$ dan BV \hat{c}_{21} akan tetap optimal jika $\Delta > -458,983.3$. Keputusan dengan biaya *backorder* 2 orang maka kondisi perusahaan akan tetap optimal untuk biaya total tenaga kerja dikeluarkan $> -2,008,320$. Keputusan untuk melakukan penambahan 2 orang tenaga kerja, dengan biaya rekrutmen 2 orang tenaga kerja maka kondisi perusahaan akan tetap optimal untuk biaya total tenaga kerja dikeluarkan $> 1,451,200$. Keputusan untuk melakukan perekrutan 1 orang tenaga kerja dengan mengeluarkan biaya rekrutmen 1 orang tenaga kerja maka perusahaan akan tetap optimal untuk biaya total tenaga kerja dikeluarkan $> -458,983.3$.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

1. Jumlah Tenaga Kerja yang Harus Dipersiapkan Pada Bagian Pengolahan

- a. Pada bagian pengolahan *shift* 1 keputusan optimal untuk tingkat persediaan tenaga kerja 30, 31, 32 orang. Untuk keadaan 30 peluang keputusan penambahan tenaga kerja 2 orang dengan peluang sebesar 0.158 dan untuk keadaan 31 peluang keputusan penambahan tenaga kerja 1 orang dengan peluang sebesar 0.2108, untuk keadaan 32 dengan keputusan tidak melakukan penambahan tenaga kerja sebesar 0.6312 Berdasarkan nilai peluang yang ada, maka dapat diambil keputusan yang terbaik adalah tidak melakukan penambahan tenaga kerja
- b. Pada bagian pengolahan *shift* 2 keputusan optimal untuk tingkat persediaan tenaga kerja 31, 32 orang. Untuk keadaan jumlah tenaga kerja 31 dengan keputusan penambahan tenaga kerja 1 orang dengan peluang sebesar 0.8183. Dan keadaan y_{20} memberikan peluang terjadinya keadaan jumlah tenaga kerja 32 dengan keputusan tidak melakukan penambahan tenaga kerja dengan peluang sebesar 0.1817. Berdasarkan nilai peluang yang ada, maka dapat diambil keputusan yang terbaik adalah melakukan penambahan 1 orang tenaga kerja, sehingga diperoleh jumlah tenaga kerja optimal adalah 32 orang dengan biaya yang dikeluarkan sebesar Rp 302.782,3
- c. Pada bagian pengolahan *shift* 3 keputusan optimal untuk tingkat persediaan tenaga kerja 29, 30, 31 orang. Untuk peluang terjadinya keadaan jumlah tenaga kerja 29 dengan keputusan penambahan tenaga kerja 2 orang dengan peluang sebesar 0.0206. Untuk keadaan jumlah tenaga kerja 30 dengan keputusan penambahan tenaga kerja 1 orang dengan peluang sebesar 0.2062, dan untuk keadaan jumlah tenaga kerja 31 dengan keputusan tidak melakukan penambahan tenaga kerja dengan peluang sebesar 0.7732. Berdasarkan nilai peluang yang ada, maka dapat diambil keputusan yang terbaik adalah tidak melakukan penambahan tenaga kerja, Sehingga diperoleh jumlah tenaga kerja optimal adalah 31 orang

2. Biaya Perencanaan Jumlah Tenaga Kerja

Total biaya minimum yang terjadi pada periode perencanaan tenaga kerja menggunakan rantai Markov sebesar Rp 589.268,3

6.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan di atas, maka dapat diberikan saran-saran yang sekiranya dapat membantu dalam membuat kebijakan dalam perencanaan tenaga kerja yang efisien dengan total biaya yang minimum, yaitu.

1. Merekomendasikan pada perusahaan agar mempertimbangkan hasil penerapan proses markov untuk perencanaan jumlah tenaga kerja agar meminimalkan total biaya yang dibutuhkan dalam perencanaan tenaga kerja, sehingga perusahaan dapat berjalan lebih efisien dan efektif.
2. Sebaiknya pihak perusahaan tidak menerapkan kebijakan dengan melakukan pengalihan tenaga kerja, karena hal itu dapat mengakibatkan terganggunya aktifitas kerja tenaga kerja yang menggantikan.
3. Agar penelitian ini dapat dilanjutkan dengan menambahkan variabel-variabel lain seperti faktor yang berpengaruh pada perencanaan, seperti faktor sosial, ekonomi dan politik.

DAFTAR PUSTAKA

- Chiang, Alpha C. dan Wainwright, “Dasar-dasar Matematika Ekonomi” Edisi 4, Halaman 74-76, Penerbit Erlangga, Jakarta, 2002.
- Dermawan, Rizky, “Model Kuantitatif Pengambilan Keputusan dan Perencanaan Strategis” Halaman 29-39, 131-143, Penerbit Alfabeta, Bandung, 2005.
- Flippo, Edwin B dan M. Masud, “Manajemen Personalia” Halaman 59-80 , Penerbit Erlangga, Jakarta.1996
- Handoko, T. Hani, “Dasar-dasar Operations Research” Edisi 2, Halaman 243-260, BPFE, Yogyakarta, 1995.
- Heidjarachman dan S. Husnan, “Manajemen Personalia” Edisi 4, Halaman 165-200 , BPFE, Yogyakarta,1990.
- Mulyono, Sri., “Riset Operasi” Edisi Revisi 2007, Halaman 11-25, 259-266, Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia, Jakarta, 2002.
- Nawawi, H. Hadari, “Manajemen Sumber Daya Manusia untuk Bisnis yang kompetitif” Halaman 136-183, Gajah Mada University Press, Yogyakarta, 1998.
- Nawawi, H. Hadari, “Manajemen Sumber Daya Manusia untuk Organisasi Profit yang kompetitif” Halaman 27-100, Gajah Mada University Press, Yogyakarta, 2001.
- Siagian, P., “Penelitian Operasional Teori dan Praktek” Halaman 65-100 , Penerbit Universitas Indonesia, Jakarta, 1987.
- Thomas J.Kakiay, “Pemrograman Linier” Halaman 171- 191, Penerbit Andi Yogyakarta, 2008.
- Tulus, Agus, “Manajemen Sumber Daya Manusia” Halaman 235-265, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta,1993.